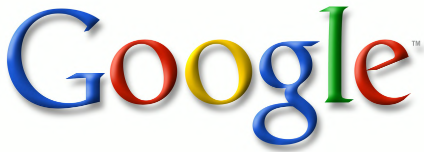
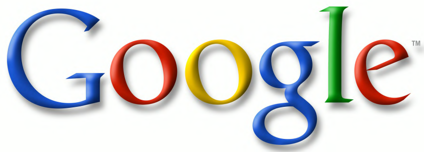

Google



# Grundlagen der Koks-Chemie.

Von

**Oscar Simmersbach,**
Hütteningenieur.




**Berlin.**
Verlag von Julius Springer.
1895.

TP336
S5

a 9 ⊢

# Inhalts-Verzeichniss.

## Berichtigungen.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Seite | 1, | Zeile | 10 | von | oben | statt | „ums“ | lies: um's. |
| - | 7, | - | 3 | - | - | - | „einen“ | - ein. |
| - | 31, | - | 9 | - | - | - | „welche“ | - welches. |
| - | 98, | - | 4 | - | unten | - | „61 600 000 000 000“ | - **61 600 000 000.** |

# Einleitung.

Mit dem gewaltigen Aufschwunge unserer vaterländischen Kohlen- und Eisenindustrie nach der Wiederaufrichtung des Deutschen Reiches ist auch die Chemie der Brennstoffe, insbesondere die wissenschaftliche, chemische Erforschung der Steinkohle, einer stetig wachsenden Bedeutung gewürdigt worden.

Und gewiss nicht mit Unrecht; denn es stieg die Jahresförderung an Steinkohlen im Königreich Preussen von 23 316 237 Tonnen im Jahre 1870 auf 42 172 944 Tonnen im Jahre 1880 und 64 373 816 Tonnen im Jahre 1890. Diese 20jährige Periode schöpferischer technischer Arbeit hat mithin unsere Steinkohlenförderung fast ums Dreifache gesteigert.

Noch weit beträchtlicher und überraschender erscheint die Steigerung bei Koks, dem Gegenstande vorliegender Arbeit.

Allein im Oberbergamtsbezirk Dortmund, dem wichtigsten Kohlen- und Koks-Distrikt des Deutschen Reiches, wuchs die Kokserzeugung von 341 000 Tonnen des Jahres 1870 auf 2 280 000 Tonnen in 1880 und 4 187 780 im Jahre 1890, hat sich daselbst sonach innerhalb dieses Zeitraumes mehr als verzwölffacht.

Die Litteratur über Steinkohlen-Chemie und verwandte Gebiete zeigt seit dem Jahre 1870 eine in ähnlichem Maasse angewachsene Entwicklung. Die Arbeiten einer Reihe um die Wissenschaft hochverdienter Männer haben Aufklärung über die chemische Zusammensetzung der Brennstoffe, ihre Eigenschaften und Wirkungen bei verschiedener Beschaffenheit und bei verschiedenen Temperaturgraden gegeben. Neue Forschungen und Untersuchungen sind hinzugetreten, neue wissenschaftliche Methoden geschaffen und kritisch geprüft worden.

Insbesondere geben alle diese Fortschritte in der Entwicklung der Steinkohlen-Chemie naturgemäss Anlass, auch die Edukte der Steinkohle entsprechender Berücksichtignng zu unterziehen. Die

wissenschaftlichen Forschungen auf dem Gebiete der Gewinnung und Weiterverarbeitung der flüchtigen Bestandtheile der Kohle (Nebenprodukte der Destillation) legen in umfassendem Maasse Zeugniss ab von dem Vorwärtsschreiten in diesem Specialfache. Eine reiche und treffliche Speciallitteratur über diesen Theil der Chemie der Steinkohle ist das Ergebniss kaum dreissigjähriger Arbeit.

Bei Koks, dem festen Rückstande der Kohlendestillation, liegt die wissenschaftliche Erforschung nicht so günstig; einer grossen Zahl in der Litteratur vereinzelt vorfindlicher Aufsätze und Notizen über technisch-chemische Untersuchung des Kohlenrückstandes hat ein Eingehen auf die rein chemische Seite und auf methodische Untersuchung fern gelegen.

Die gesammte chemische Bedeutung eines für die hüttenmännischen Processe so wichtigen Produktes, bzw. Brennmaterials, wie Koks, zu schildern, ist daher eine noch der Erledigung harrende Aufgabe geblieben.

Diese Erkenntniss führte zu dem Wunsche und der Absicht, in der vorliegenden Arbeit die Grundzüge der Koks-Chemie eingehend niederzulegen. Gleichzeitig soll die Studie nicht nur das in Fachzeitschriften, in einzelnen Werken und Lehrbüchern mannigfach vorhandene Material über die Koksausbeute, die chemischen Vorgänge der Verkokung, über die chemische Zusammensetzung und die physikalische Beschaffenheit des Koks gesammelt und gelichtet enthalten, sondern auch an Hand der geschichtlichen Entwicklung der Koks-Chemie den derzeitigen Standpunkt derselben klarlegen.

Die zu vorliegender Arbeit theils benutzte, theils aber der Vollständigkeit wegen durchgesehene Litteratur über die Chemie des Koks ist in der Anlage einzeln verzeichnet.

## Die geschichtliche Entwicklung der Koks-Chemie.

Während die Herstellung von Koks aus Steinkohle schon im vorigen Jahrhundert bekannt war und betrieben wurde, rechnet die chemische Erforschung des Koks erst vom 6. Jahrzehnt dieses Jahrhunderts ab zu denjenigen Aufgaben, vor welche sich Chemiker von Fach stellten.

Einzelne Punkte des spröden Stoffes „Koks-Chemie“ waren bereits aus der Praxis heraus klargestellt, aber diese Forschungsergebnisse,

welche sich naturgemäss nur auf ein ganz enges Gebiet beschränkten, blieben zunächst nur einem engeren Kreise bekannt, weil zu einem Austausch und zu einer kritischen Prüfung der praktischen Erfolge wissenschaftlich kein besonderes Interesse Ausdruck fand.

Als erster Anhalt der Kokslitteratur bleiben monographische Werke über Steinkohle und die darüber in Fachzeitschriften veröffentlichten Aufsätze maassgebend.

In dem 1857 erschienenen Werke W. Stein's „Chemische und technische Untersuchungen der Steinkohlen Sachsens" wird zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass man von der procentischen Zusammensetzung der Steinkohle durchaus nicht sichere Schlüsse auf ihre Verkokungsfähigkeit und umgekehrt ziehen könne.

Der damalige Assistent Stein's, der spätere Professor Dr. Hugo Fleck, wies bald darauf nach, dass die Wasserstoffatome in der Steinkohle zu einem Theil direkt, zum anderen durch Vermittlung des Sauerstoffs an Kohlenstoff gebunden seien, und auf Grund dieser Annahme vom „freien" und „gebundenen" Wasserstoff kam Fleck zu dem Schluss, dass die Ursache des Backens und Sinterns der Kohlen in dem Gehalt an Wasserstoff, namentlich an freiem, gesucht werden müsse.

Die Fleck'sche schematische Wasserstoff-Klassifikation unterzog im Jahre 1870 E. Richters in seinen bahnbrechenden Arbeiten über die Steinkohle — Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staat und Dingler's Polyt. Journ. (Bd. 119, 193, 195) — einer scharfen Kritik. Dr. F. Muck griff denselben Gegenstand in seinen „Chemischen Aphorismen über Steinkohle" 1873 auf und wies durch Experimente mit den drei isomeren Kohlehydraten Cellulose, Stärke und Gummi nach, dass bei Kohlen Fälle von Isomerie vorkommen können, was bei einfachen chemischen Verbindungen ja bekanntlich häufig der Fall ist. Erst aus diesen Forschungen Muck's ergab sich eine weitere Klärung der Frage.

Die Arbeiten von Richters gaben der Steinkohlen- und Koksforschung flotteren Fortgang. Richters machte geltend, dass die Koksausbeute im Allgemeinen um so geringer ausfalle, je grösser der Gehalt der Kohle an Sauerstoff und namentlich an Wasserstoff ist. Und in seinen verdienstvollen „Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Steinkohlen beim Lagern an der Luft erleiden", führte er den direkten Nachweis von dem vorherrschenden Einfluss des Wasserstoffs. Zugleich legte Richters dar, wie Stein-

kohle beim Lagern an freier Luft und ebenso bei gelinder Erhitzung eine bestimmte Aenderung der Backfähigkeit erfahre.

Leider wandte sich Richters nach dreijährigem Studium von seinem damaligen Specialfache ab; statt seiner übernahm Dr. Muck die Führung auf dem Felde der Koksforschung. Auch er bezeichnete, gleichwie Richters, die Arbeiten Fleck's als unzutreffend und bestätigte gleichzeitig durch eingehende Versuche, zu denen er in Folge seiner Stellung als Leiter des Berggewerkschaftlichen Laboratoriums und Lehrer der Chemie an der Westfälischen Bergschule zu Bochum angeregt wurde, die erwähnten Richters'schen Resultate. Rühmend erwähnt Muck in seiner 1886 als Handschrift gedruckten „Entwicklung der Steinkohlen-Chemie in den letzten fünfzehn bis zwanzig Jahren und die dermaligen Ziele der Steinkohlenforschung überhaupt“ Richters' Arbeiten als die besten bisherigen Monographien über Kohlen- und Koksforschung.

In seinen „Chemischen Aphorismen“ bespricht Dr. Muck „die ungleiche Koksausbeute procentisch gleich (oder nahezu) zusammengesetzter Kohlen und die Bedeutung der Koksbestimmung“, ferner „Die Relation zwischen chemischer Zusammensetzung und Koksausbeute“. Zwei Jahre später, 1875, erschien über denselben Gegenstand A. Schondorff's bedeutsame Arbeit „Koksausbeute und Backfähigkeit der Saarkohlen.“ (Preuss. Ztschr. *23*, 135.)

Auf die „Verkokungsproben“ selbst und den „Einfluss des Aschengehaltes auf die Höhe der Koksausbeute“ geht Muck eingehend in seiner „Steinkohlen-Chemie“[1]) 1881, S. 6—15, ein.

Muck's Hauptverdienst für die Koks-Chemie liegt unzweifelhaft in der Auffindung neuer Gesichtspunkte zur Steinkohlen- und Koksforschung. Er stellte den Zusammenhang fest, in dem die Verkokungsfähigkeit, wie diese in Gestalt, Farbe und sonstiger Beschaffenheit der Koksrückstände sich zu erkennen giebt,

1. mit der chemischen Zusammensetzung,
2. - - Koksausbeute,
3. - dem Aschengehalt und
4. - der Verkokungstemperatur steht.

Diese betreffenden Ausführungen finden sich theils in den „Chemischen Aphorismen über Steinkohle“ und den „Chemischen

[1]) Die 2. verbesserte Auflage der „Steinkohlen-Chemie“ erschien 1891.

Beiträgen zur Kenntniss der Steinkohle", 1876, theils fortgesetzt und wiederholt in seiner „Steinkohlen-Chemie" 1881, S. 18—31.

Die chemische Zusammensetzung des Koks und der Einfluss der einzelnen Bestandtheile auf die Qualität des Koks wurde erst mit Muck Gegenstand von Untersuchungen.

Wasserstoff. — Vor dreissig Jahren sah man Koks noch als Entgasungsprodukt *κατ' ἐξοχὴν* an. Erst Percy machte auf die Thatsache aufmerksam, dass Koks bei der Elementaranalyse einen konstanten Verlust an Kohlenstoff zeige, bedingt durch die Gegenwart gasförmiger Substanz (Sauerstoff + Stickstoff).

Im Jahre 1872 untersuchte John Parry, Chemiker der Ebbw Vale Eisenwerke in Wales, Koks auf seinen Gasgehalt und stellte bei seinen Untersuchungen ausser Sauerstoff und Stickstoff noch einen Gehalt an Wasserstoff fest. (Chem. News *25*, 98; Dingler pol. Journ. *204*, 470.)

Die Annahme Parry's, dass der Koks okkludirt sei, wurde 1881 von Dr. Muck in seiner Steinkohlen-Chemie mit der begründeten Behauptung angefochten, dass die Gase in Form feuerbeständiger fester Kohlenstoffverbindungen zurückbehalten würden.

Neuere Untersuchungen, besonders von Dr. Thörner (1886), bestätigen indess auch die Schlussfolgerung Parry's, sodass heute beide Ansichten ihre Geltung behalten. (Siehe vorliegende Arbeit, Kapitel IV.)

Stickstoff. — Mit dem Verbleib des Stickstoffs bei der Entgasung der Steinkohle beschäftigte sich zuerst Dr. Knoblauch, Chemiker der Gasanstalt in Köln am Rhein. Die diesbezüglichen maassgebenden Forschungsergebnisse sind im Journal für Gasbeleuchtung 1883, S. 440, mitgetheilt.

Die Bestimmung des Stickstoffs war bis vor zehn Jahren nur von untergeordneter Bedeutung, und erst die Entwicklung der Kohlendestillation liess eine genaue und leicht ausführbare Methode nothwendig erscheinen. Von den angewandten Methoden war die Dumas'sche sehr zeitraubend und schwer ausführbar, die sie verdrängende Varrentrap-Will'sche Methode lieferte nicht genügend exakte Resultate; es war daher von nicht zu unterschätzendem Gewinn, dass Sigismund Schmitz (früher Assistent Muck's), die 1883 veröffentlichte Kjeldahl'sche Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in bestimmten organischen Körpern in modificirter Form auf Koks anwandte. („Stahl und Eisen" 1886, S. 47.) Die Schmitz'sche Methode hat wohl allgemeine Anwendung gefunden.

Schwefel. — Bezüglich des Schwefelgehaltes der Steinkohle und des Koks folgerte als Erster Crace-Calvert (Chem. News 1886, S. 201) aus seinen Untersuchungen, dass der Schwefel in der Steinkohle nicht nur als Schwefelkies, Eisenbisulfid, sondern auch als Sulfat zugegen sei.

Dr. Muck untersuchte 1886 ebenfalls den Schwefelgehalt; ihm bleibt es zuzuschreiben, den weit verbreiteten Irrthum, dass der Gehalt an Schwefel in der Steinkohle nur von den Schwefelmetallen ($Fe\,S_2$, $Zn\,S$, $Pb\,S$) herrühre, gründlich aufgeklärt zu haben. In seiner verdienstvollen Arbeit „Ueber die Bindung des Schwefels in Steinkohle und Koks und die Erzeugung von schwefelarmen Koks", („Stahl und Eisen" 1886, 7) führt Muck den Nachweis, wie ein erheblicher Theil des Schwefels auch in organischer Verbindung zugegen sei. Neben Muck's Darlegungen haben besonders auch von L. Blum (Zeitschr. f. anal. Chemie 1888, 445) mitgetheilte Beobachtungen die Aufmerksamkeit auf den organischen Schwefel gelenkt. Seine chemischen Schlussfolgerungen führten gleich Muck zu dem vorstehenden Ergebniss.

Zur Bestimmung des Schwefels war bis vor zwanzig Jahren die Verpuffungsmethode mit Salpeter und Soda in Gebrauch; diese Methode wurde — weil umständlich und nicht genau — von der Sauer'schen ersetzt. Aber auch diese Bestimmungsmethode konnte nicht Stand halten gegenüber der sehr brauchbaren Verbrennungsmethode von Eschka.

Von der Eschka'schen Methode hat Rothe, Chemiker des Laboratoriums der Bergakademie zu Berlin, eine sehr zweckmässige Abänderung vorgeschlagen. (Rothe, Mittheilungen 1881, S. 107; Wedding, Eisenprobirkunst, S. 266.)

Eisen. — Auf die Wichtigkeit des Eisengehaltes hinsichtlich der Erzeugung schwefelarmer Koks machte zuerst Dr. Muck in seiner erwähnten Arbeit „Ueber die Bindung des Schwefels etc." aufmerksam. Muck kam zu dem wichtigen Ergebniss, dass es unmöglich sei, durch eine sorgfältige Aufbereitung den Schwefelgehalt des Koks in maassgebender Weise günstig zu beeinflussen, falls die Kohlenasche grosse Mengen von Eisen-, Calcium- und Magnesiaverbindungen enthalte, besonders von Eisenoxyd.

Mit dieser Arbeit Muck's veränderte sich die Sachlage bei der Koksfabrikation vollständig: Zur Erzeugung schwefelarmer Koks wurde der Weg der Entschweflung verlassen und ein Weg in anderer

Richtung eingeschlagen: in der Auswahl des Verkokungsmaterials, der Kohle.

Phosphor. — Einen Gehalt an Phosphor wird wohl zuerst von Creath nachgewiesen sein, der in einigen Kohlensorten des Pittsburger Beckens grössere Mengen Phosphor fand. Die betreffenden Mittheilungen finden sich: Iron 1889, No. 333. Nach Creath beschäftigten sich noch Le Chatelier und M. Carnot (Compt. rend. 99, 154) mit dem Phosphorgehalt; Carnot suchte besonders den Ursprung desselben zu ergründen.

Kupfer. — Percy erwähnt in seiner Metallurgie 1862, dass der Anthracit von Wales Kupfer enthalte; in Koks fand F. Stolba als erster einen Kupfergehalt (Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik 1879/80). Anfangs wurde dem Kupfer ein viel zu grosser Einfluss bei der Roheisenerzeugung zugeschrieben, bis B. Platz — „Stahl und Eisen“ 1887 — diese Illusion zerstörte.

Kieselsäure. — Der Gehalt an Kieselsäure in der Koksasche hat bis in die neueste Zeit nur insofern Bedeutung gehabt, als die Kieselsäure mehr oder minder wirksam in die Schlackenbildung beim Hochofenprocess eintritt. Verfasser weist in vorliegender Arbeit, Kapitel IV, auf die engen Beziehungen zwischen dem Gehalt an Kieselsäure und der Festigkeit des Koks hin, indem mit zunehmendem Kieselsäuregehalt die Härte des Koks abnimmt und umgekehrt.

Was die Untersuchung der physikalischen Beschaffenheit des Koks anbetrifft, so wurden die ersten Versuche dieser Art von den Amerikanern angestellt. Im Jahre 1875 schrieb John Fulton, z. Z. Direktor der Cambria Iron Works Co. zu Johnstown Pa., das verschiedene Verhalten der einzelnen Brennstoffe mit demselben Kohlenstoffgehalt in dem Hochofen ihrer physikalischen Struktur zu und stellte für Anthracit, Koks und Holzkohle gewisse charakterisirende Strukturunterschiede fest. (Iron 1884, No. 602; Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1884, S. 526.)

In den folgenden Jahren ruhten die Koksuntersuchungen, bis dass 1883 eine Publikation von Dewey in den Transactions Americ. Inst. Mining Engineers über Messungen in Betreff der Porösität und des specifischen Gewichtes des Koks erfolgte. Im selben Jahre trat auch Fulton wieder mit einer Abhandlung über das physikalische Verhalten des Koks hervor. Das Ergebniss seiner Untersuchungen ging dahin, dass die Güte des Hochofenkoks durch Härte der Kokssubstanz, gut entwickelte Zellenstruktur, Reinheit und gleichmässige

Beschaffenheit bedingt würde. (Proceedings Meeting Institute American Mining Eng. Troy 1883; Iron 1884, No. 602.)

Ungleich wichtiger und ausserdem für deutsche Verhältnisse bedeutsamer sind die höchst interessanten Arbeiten Dr. Thörner's, die er 1886 in seinem „Analytisch-mikroskopischen und chemisch technischen Institut“ zu Osnabrück ausführte.

Dr. Thörner untersuchte insbesondere Form und Grösse der Poren in Koks und Holzkohlen und charakterisirte in eingehender und scharfer Weise die verschiedenartigen Strukturverhältnisse der einzelnen Kokssorten. Auf Grund seiner mikroskopischen Untersuchungen folgerte Thörner, dass die Wirkung des Koks im Hochofenprocess und bei den Reduktionsprocessen überhaupt um so günstiger wird, je mehr die physikalische Struktur des Koks der der Holzkohle gleich kommt. Die Ausführungen Dr. Thörner's sind in „Stahl und Eisen“ 1886, S. 71 ff., veröffentlicht, an dieser Stelle finden sich auch die charakteristischen Unterschiede der einzelnen Koks- und Holzkohlenstrukturen in Lichtdruck veranschaulicht.

Sehr sinnreich ist auch Thörner's Methode zur direkten Bestimmung des specifischen Gewichtes, der Kokssubtanz und des Porenraumes im Koks. Seine Methode dürfte wohl weniger umständlich sein, als das zu gleichem Zweck von C. Reinhardt empfohlene Verfahren. („Stahl und Eisen“ 1884, S. 594 und 706; 1884, S. 521 und 1885, S. 501.)

Zur Bestimmung der Festigkeit benutzte John Fulton Kokswürfel von 1 engl. Zoll Seite. Dr. Thörner, welcher sich als Zweiter nach dieser Richtung hin beschäftigte, suchte auf indirektem Wege die Härte des Koks zu bestimmen („Stahl und Eisen“ 1886, No. 2). Die Fulton'sche Methode hielt Dr. Thörner für „durchaus unzuverlässig“, weil angestellte Versuche „bei ein und derselben Kokssorte gar keine übereinstimmende Werthe, aber Differenzen bis zu 40 % ergaben“. Diese Schlussfolgerung Thörner's ist eine viel zu weitgehende. Denn es lassen sich in jedem Kokskuchen derartig hohe Differenzen feststellen, da die Festigkeit des Koks von den Seiten zur Mitte, bzw. vom Kopf- zum Fussende abnimmt, je nachdem die Verkokung von den Seiten zur Mitte oder von oben nach unten vor sich geht.

Im Kapitel IV der „Koks-Chemie“ veröffentlicht Verfasser einen Apparat zur Bestimmung der Festigkeit, der seit zwei Jahren im Laboratorium des Westfälischen Kokssyndikates zur Verwendung ge-

langt und hinreichend genaue Ergebnisse liefert, trotz seiner Einfachheit. Der Apparat — von der Maschinenfabrik H. Flottmann in Bochum ausgeführt — dürfte wohl demnächst allgemein Eingang finden.

Bezüglich des pyrochemischen Verhaltens des Koks wies zuerst J. Lowthian Bell auf den Einfluss der Oberfläche des Koks auf die Kohlensäure-, bzw. Kohlenoxydgasbildung hin, mitgetheilt in The Journal of the Iron and Steel Institute 1872, I., S. 74, wiederholt in Bell's: Principles of the manufacture of iron and steel, London 1884, S. 287.

Die Untersuchungen Bell's wurden 1886 von Dr. Thörner wieder aufgegriffen und in der Weise vervollständigt, dass Thörner das Verhalten von Koks und Holzkohlen gegen Kohlensäure und Holzkohlen genau klarstellte. Mit Uebergehung der Einzelheiten der in „Stahl und Eisen“ 1886, S. 77, veröffentlichten Abhandlung Thörner's möge hier nachstehender Schlusssatz folgen:

> „Die für den Hochofenprocess so sehr geschätzten Brennmaterialien: Holzkohlen und Meilerkoks besitzen in pyrochemischer Beziehung eine ganz bedeutend grössere Reaktionsfähigkeit, als der gewöhnliche Koks.“

Wenn in den letzten zwanzig Jahren die Forschungs-Ergebnisse der Koks-Chemie sich auf beständig verbreiterter Grundlage aufbauen konnten, und einzelne Punkte der Koks-Chemie bis in's Kleinste klargestellt sind, so dürfte dies nicht zum wenigsten der Zeitschrift der deutschen Eisenhüttenleute „Stahl und Eisen“ zu verdanken sein.

In derselben fand stets anwachsend mit den Fortschritten der Hochofentechnik ein reger Meinungsaustausch auch über alle Brennmaterialien, insbesondere Koks statt, wobei an praktische Ergebnisse sich wissenschaftliche Erörterungen anknüpften.

---

## Erstes Kapitel.

# Zweck der Verkokung und Verwendung des Koks.

Zweck der Verkokung. — Mit der zunehmenden Verwendung von Holzkohlen zu metallurgischen Zwecken vermochte der Nachwuchs von Holz nicht gleichen Schritt zu halten; es musste in Folge dessen Ersatz für die Holzkohle geschaffen werden, eine Nothwendigkeit, welche zuerst in dem holzarmen England dahin führte, die Steinkohle zu verkoken.

Um das Jahr 1860 war in Europa die Holzkohle vollständig durch Koks ersetzt, ausser in Schweden, Russland und Oesterreich, wo Mangel an Kohlen, Ueberfluss an Holz oder gewisse Specialfabrikationszweige die Beibehaltung der alten Verfahren rechtfertigten. In den Vereinigten Staaten von Amerika wird zwar noch eine halbe Million Tonnen Holzkohlen im Hochofen verbraucht, indess schreitet der Koksverbrauch auch hier stetig voran. Während im Jahre 1872 im Eisenhüttenbetrieb 500000 t Holzkohlen, 947000 t Koks und 1407000 t Anthracit (und Anthracit + Koks) zur Verwendung gelangten, stellt sich 1892 das Verhältniss wie folgt: 537000 t Holzkohlen, 7154000 t Koks und 1798000 t Anthracit (und Anthracit + Koks).

Wie man Holzkohle aus Holz erzeugte, um ein kohlenstoffreicheres Brennmaterial zu erhalten, so gewann man Koks aus Steinkohle anfangs in der nämlichen Absicht. Man wollte in ihm ein Brennmaterial erzielen, das

1. einen hohen pyrometrischen Wärmeeffekt liefert,
2. rauchfrei und
3. nicht schmelzbar ist.

Der erste Vortheil wird theils durch Koncentration des Kohlenstoffs — durch dessen Dichtigkeit noch erhöht —, theils durch Entfernung

der flüchtigen, zwar zum Theil verbrennende Bestandtheile erzielt. Hierbei entstehen jedoch nicht unbedeutende Verluste an Brennstoff, da die Verflüchtigung viel Wärme in Anspruch nimmt. Was den zweiten Punkt anbetrifft, so haben rohe Steinkohlen mehr oder weniger die Eigenschaft, widrig riechende Gase und Rauch zu entwickeln, was bei Schmelzprocessen störend einwirkt. Koks dagegen brennt rauchlos und russt nicht, weil die flüchtigen Bestandtheile, welche bei der Kohle jene Eigenschaften bewirken, durch die Verkokung entfernt sind. Daher ist Koks von vornherein für metallurgische und alle Heizprocesse geeigneter, als die zu seiner Herstellung benutzte Kokskohle. Die Rohkohle wird drittens in der Hitze weich und bläht sich — abgesehen von Anthracit — auf; infolgedessen wird ihre Verwendung im rohen Zustande im Hochofen erschwert, indem durch diese backende Eigenschaft der gleichmässige Niedergang der Materialien gestört wird. Dahingegen ist Koks nicht schmelzbar und erhöht andererseits infolge seiner Porösität die Durchlässigkeit der Beschickung in hohem Grade. Nicht minder absorbiren rohe Steinkohlen, besonders sauerstoffreiche, bei ihrer Verkohlung im Hochofen Wärme, welche bei vorhergehender Verkokung dem Hochofen erspart bleibt.

Ein weiterer, allerdings anfangs nicht beabsichtigter Zweck der Verkokung ist die Entfernung des Schwefels der Kohlen. Die Entschweflung beruht vorzugsweise auf der Eigenschaft des in der Steinkohle enthaltenen Schwefelkieses ($FeS_2$), schon bei einfacher Erhitzung sich zu zersetzen, wobei ein Theil des Schwefels entweicht. Desgleichen entfernt sich beim Löschen des frisch gezogenen Kokskuchens noch etwas Schwefel infolge des Zusammentreffens des Wassers mit glühenden Sulfiden.

Für manche metallurgische Processe kann alle Feinkohle — und somit auch die beim Waschen der Fettkohlen zerkleinerte Kokskohle — nicht verwandt werden. Im Koksofen wird aber dieses Kohlenklein aus einem vorher lockeren, kleinstückigen Zustand in eine feste, grossstückige Masse übergeführt. Welcher Vortheil hierdurch erzielt wird, zeigt sich besonders in Westfalen, wo der Procentsatz an Feinkohle auf den Fettkohlenzechen meist 50—60% der Förderung beträgt, wo also die Entwicklung des Bergbaus auf der Koksdarstellung beruht.

Früher wurden beim Verkoken die flüchtigen Bestandtheile Theer und Ammoniak überhaupt nicht berücksichtigt und gingen verloren. Erst in neuerer Zeit — seit 1880 — hat man angefangen, diese

werthvollen Nebenprodukte zu verdichten und die nicht kondensirbaren Gase zu den Oefen zurückzuführen und letztere damit zu heizen. Die frühere Annahme, dass die Erzeugung guter Koks mit Gewinnung von Ammoniak und Theer nicht vereinbar sei, hat sich als ein Vorurtheil bewiesen. Kokserzeugung ohne Gewinnung der Nebenprodukte wird vielfach heute kaum mehr lohnend gehalten.

Verwendung des Koks. — Ofenkoks oder metallurgischer Koks dient zur Erzielung hoher Temperaturen, deren man bedarf, um die Metalle aus den Erzen abzuscheiden und in Handelswaare überzuführen. Dies geschieht auf dem Wege der Reduktion der Erze, d. h. der Entfernung des Sauerstoffs durch den Koks. Bei reinen Schmelz- und Glühprocessen, z. B. im Cupolofen, soll Koks nur zur Erzeugung von Wärme dienen, wohingegen beim Hochofenbetrieb der Koks neben der Wärmeerzeugung auch der Bildung von Kohlenoxyd dient. Hiernach unterscheidet man zwischen Giessereikoks und Hochofenkoks. Auf die Unterschiede beider Koksarten bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung und physikalischen Beschaffenheit wird in den Kapiteln IV und V näher eingegangen werden.

Im Ruhrrevier betrug im Jahre 1892 die Gesammtmenge des Giessereikoks 470994 t, die des Hochofenkoks 3064817 t = 78,72%. Die Hochofenwerke stellen grösstentheils den erforderlichen Koks unter Ausnutzung der abziehenden Gase in eigenen Koksöfen her. Von den Hochofenwerken brannten im Jahre 1891 Koks:

| | |
|---|---|
| Gutehoffnungshütte | 230000 t |
| Rheinische Stahlwerke | 120000 - |
| Union | 120000 - |
| Phönix | 100000 - |
| Krupp | 60000 - |
| Georgs-Marienhütte | 60000 - |
| Hörder Verein | 50000 - |
| Ilsede | 50000 - |
| Bochumer Verein | 50000 - |
| Carl von Born | 40000 - |
| Niederrheinische Hütte | 40000 - |
| Schalke | 40000 - |
| Aplerbeckerhütte | 35000 - |
| Köln Müsen | 25000 - |
| Friedrich Wilhelmshütte | 20000 - |
| Uebertrag | 1040000 t |

| | | |
|---|---|---|
| | Uebertrag | 1040000 t |
| Urbach | | 20000 - |
| Vulkan | | 20000 - |
| Grevenbrück | | 10000 - |
| Troisdorf | | — z. Z. nichts. |
| Hochdahl | | — - |
| Mathildenhütte | | — - |
| | Zusatz | 10000 t |
| | Sa. | 1100000 t |

Weiterhin wendet man Koks bei der Sodafabrikation an zur Reduktion des Sulfats und zur Wärmeerzeugung, desgleichen bei der Zuckerfabrikation zur Gewinnung des Kalks und der Kohlensäure etc. Kleinkoks braucht man zur Zimmerheizung, Heizung von Trockenräumen, zu Abdampfungen und überhaupt bei Verbrennungen ohne bedeutenden Zug.

Beim ersten Auftreten der Eisenbahnen war auch die Heizung der Lokomotiven ein sehr bedeutendes Absatzgebiet für Koks. Im Jahre 1850 wurden nachweislich 90% der Koksproduktion im Oberbergamtsbezirk Dortmund — etwa 73000 t — zur Lokomotivfeuerung verbraucht. Die dortigen Eisenbahngesellschaften legten sogar eigene Kokereien im Ruhrgebiet[1]) an; insbesondere besass die Düsseldorf-Elberfelder Bahn bereits im Jahre 1840 eine eigene Kokerei auf Zeche Sälzer. Die Köln-Mindener Bahn folgte 1847 mit zwei Koksanlagen zu Dortmund und Herne, die Taunusbahn in Altenessen. Als Anfang der sechziger Jahre die im Ruhrbezirk hergestellte Koksmenge den wachsenden Bedürfnissen der Eisenbahnen bei weitem nicht mehr genügte, führte man den Gebrauch der Kohle ein, die sich ausserdem billiger stellte, als der derzeit in starker Nachfrage stehende Koks.

Die Veranlassung zum Uebergang zur Steinkohlenfeuerung bei den Lokomotiven fällt heute bei der grossartigen Entwicklung der Koksindustrie vollständig fort, sodass es durchaus nicht schwer fallen dürfte, den Bedarf des deutschen Eisenbahnnetzes an Lokomotivkoks in jeder Beziehung zu decken.

Wie sehr die Koksherstellung im rheinisch-westfälischen Kohlenbezirk seit 1868 zugenommen hat, mag daraus hervorgehen, dass im

[1]) F. M. Simmersbach, Die Koksfabrikation im Oberbergamtsbezirk Dortmund, Berlin 1887.

Jahre 1868 die Koksproduktion 240455 t betrug, während 4780489 t im Jahre 1893 hergestellt wurden, d. h. 1888% mehr. Die Kokserzeugung der gesammten deutschen Reviere — exkl. Kokereien auf Hochöfen — stellte sich 1892 auf 6843330 t. Belgien erzeugte 1890 an Koks 2177000 t, Nordfrankreich 1891 ungefähr 1000000 t und Mährisch-Ostrau 200000 t. Eine Uebersicht über die Koksproduktion Deutschlands in den drei letzten Jahren der Statistik zeigt folgendes Bild:

| Bezirk. | 1890 t | 1891 t | 1892 t |
|---|---|---|---|
| 1. Westfalen, Ruhrzechen | 4187780 | 4388010 | 4560984 |
| 2. Oberschlesien | 1065335 | 1072955 | 1003629 |
| 3. Niederschlesien | 254178 | 293372 | 325015 |
| 4. Aachen | 246923 | 265954 | 258613 |
| 5. Obernkirchen | 23888 | 25487 | 25518 |
| 6. Saar | 557353 | 584128 | 587315 |
| 7. Königreich Sachsen | 76063 | 82184 | 82256 |
| Zusammen | 6411520 | 6712090 | 6843330 |
| | | Zunahme | |
| | | 4,4% | 2% |

Wenn nun schon von einem Mangel an Lokomotivkoks nicht mehr die Rede sein kann, so bietet andererseits auch gegenüber der Heizung mit Kohle die Koksfeuerung eine nicht zu unterschätzende Reihe von Vortheilen. In Betreff der Kohäsion steht Koks natürlich bei allen Brennstoffen obenan, nämlich mit 96% nach amtlichen Untersuchungen, während die Kohäsion bei Kohlen durchschnittlich 45,5% beträgt. Koks kann sich ferner weder selbst entzünden, noch verwittern oder sich durch Lagerung verschlechtern, was alles bei Kohle der Fall ist; die Eisenbahnen könnten sonach ihre eisernen Bestände viel besser in Koks anlegen. Koks von guter Beschaffenheit greift die Roste weder an, noch verschlackt er dieselben. Seine Heizkraft wird bei richtig konstruirter Feuerbüchse von keiner Kohlenart übertroffen. Was den Aschengehalt des Koks anbetrifft, so enthält Koks rund $^4/_{10}$ mehr Asche, als Kohle. Hierbei ist jedoch daran zu erinnern, dass sich der Kohlenstoffgehalt in trockenem Koks auf 92—93%, bei Fettkohle dagegen meist 10% niedriger stellt. Dieser Differenz muss beim relativen Gewicht Rechnung getragen werden. Pro 1 cbm Koks (= 500 kg) ergiebt sich nämlich ein Kohlenstoffgehalt von (500 · 93 =) 465 C, bei bester Fettkohle pro 1 cbm ein Kohlenstoffgehalt von (750 · 82 =) 615 C, mithin zu Ungunsten des

Koks ein Minus von 150 Theilen, d. h. also: bei 1000 t Stapelung nimmt Koks ein um 150 t grösseres Volumen ein, als Steinkohle. Berücksichtigt man weiterhin den Ankaufswerth des reinen Kohlenstoffs in Koks und Kohle, so ergiebt sich Folgendes: Angenommen in beiden Fällen wäre ein Zechenpreis von 10 Mark für die Tonne zu zahlen, so kostet der Kohlenstoff pro t

in der Kohle (82% C) M. 12,19
im Koks (93% C) M. 10,75;

die Differenz stellt sich sonach mit $13^1/_3$% zu Gunsten des Kokspreises.

Bezüglich der feuertechnischen Vorzüge des Koksfeuerns für die Lokomotiven bleibt zunächst zu betonen, dass Koks wegen seiner grösseren Porösität durchlässiger erscheint für die erforderliche Verbrennungsluft, als Steinkohle; ferner fällt bei Koksfeuerung das bei Fettkohle besonders hervortretende Zusammenbacken an der Oberfläche des Feuers und das daher nothwendige öftere Losbrechen der Kohlenkruste gänzlich fort, infolgedessen braucht die Thür der Feuerbüchse nicht so häufig und nicht so lange, wie bei Steinkohle, geöffnet zu werden, wodurch der Brennverlust geringer wird. Das Koksfeuer brennt bei gleichmässiger, in bestimmten Zwischenräumen erfolgter Bedienung stets ruhig weiter und behält beständig seine hohe Temperatur, sodass auch die Verdampfung eine völlig gleichmässige und die Dampfspannung gleichhoch bleibt. Die Möglichkeit, dass ein Eisenbahnzug wegen mangelnden Dampfes wie bei der bisherigen Kohlenheizung auf der Strecke liegen bleibt, erscheint bei Koksanwendung gänzlich ausgeschlossen. Was die Abmessungen der Feuerbüchse für Kokslokomotiven anbelangt, so sei auf folgende Tabelle Bezug genommen:

Abmessungen der Feuerbüchse der Lokomotiven für Koksheizung.

| | |
|---|---|
| Anzahl der Siederohre | 156 |
| Aeusserer Durchmesser derselben | 46 mm |
| Länge derselben | 2860 - |
| Kesseldurchmesser | 1200 - |
| Länge der Feuerbüchse | 858 - |
| Höhe derselben im Ganzen | 1300 - |
| Rostfläche bis Feuerbüchsdecke | 1100 - |
| Heizfläche der Siederohre in qm | 58,9 |
| - in der Feuerbüchse in qm | 4,6 |

| | |
|---|---|
| Heizfläche im Ganzen in qm | 63,5 |
| Rostfläche | 0,945 |
| Stärke der Roststäbe | 26 mm |
| Freie Oeffnung zwischen den Roststäben | 24 - |
| Dampfüberdruck | 10 Atm. |

Ausser diesen wirthschaftlichen und technischen Vortheilen der Koksfeuerung besteht ein Hauptvorzug derselben in dem gänzlichen Wegfall des Rauches und in der Funkenfreiheit[1]). Der erstickende Qualm der Lokomotive macht sich besonders in den langen Tunnels auf's Qualvollste lästig. Das haben auch die Eisenbahnverwaltungen eingesehen, wie denn wenigstens im Gotthardtunnel etc. die Lokomotiven mit Koks geheizt werden; desgleichen ist die Koksheizung auf der Berliner Stadtbahn und bei einer Reihe von Strassenbahnen eingeführt. Dieselben Gründe aber, welche die Eisenbahnverwaltung zur Wiedereinführung der Koksheizung auf der Berliner Stadtbahn veranlasst haben, sollten auch für die übrigen Bahnen gelten, — sogar in noch höherem Grade, da ausser den schon erwähnten gesundheitlichen Schäden und der Gefährlichkeit der Kohlenfeuerung sich auch noch auf landwirthschaftlichem Gebiete die schädlichen Wirkungen des Steinkohlenrauches bemerkbar machen. Die von den Eisenbahnzügen durchfahrenen Gelände sind durchweg durch Russ und Rauch nachtheilig beeinflusst; die in dem Rauch enthaltenen sauren Gase, wie Schwefelsäure, Salzsäure, schweflige Säure, schädigen die Weinberge, Obstgärten, Wiesen, Wälder u. s. w., besonders die Tannen, welche schon in kürzester Zeit durch den Rauch absterben.

Aus Vorstehendem folgt, dass sowohl vom landwirthschaftlichen und besonders vom gesundheitlichen Gesichtspunkte aus, als auch aus wirthschaftlichen Gründen der Befeuerung der Lokomotive mit Koks, statt mit Kohle, unbedingt der Vorzug zu geben ist. Und was hier bezüglich der Koksheizung der Lokomotiven gesagt worden ist, bezieht sich in nicht geringerem Maasse auch auf die Koksfeuerung auf Schiffen. Dort würde die Feuerung mit Koks ebenfalls die angeführten Vortheile nach sich ziehen.

---

[1]) Vergleiche: Professor E. Dietrich in der Deutschen Bauzeitung, Jahrgang 1892, und „Glückauf" 1892, S. 917.

## Zweites Kapitel.

**Die Verkokungsfähigkeit der Steinkohle in ihrer Beziehung zur Schmelzbarkeit, Aufbereitung, Koksausbeute, Verkokungstemperatur und zum Ofensystem. — Bemerkungen über theoretische und praktische Koksausbeute.**

---

Nicht jede Steinkohle lässt sich verkoken; verschiedene Bedingungen müssen erst erfüllt sein, um aus der Steinkohle einen brauchbaren Koks herstellen zu können. Die Brauchbarkeit einer Kohle zur Verkokung hängt hauptsächlich ab von ihrer Schmelzbarkeit, d. h. Fähigkeit, in der Hitze mehr oder weniger zu backen und einen hinreichend zusammenhängenden Rückstand zu geben.

Man hat früher vermuthet, dass Schmelzbarkeit oder Nicht-Schmelzbarkeit einer Kohle in einem bestimmten Zusammenhang stehe mit der procentischen Zusammensetzung; eine Anzahl von Einzelfällen schien auch diese Annahme zu bestätigen. Freilich ist der Grund der Nicht-Schmelzbarkeit oder Schmelzbarkeit und der Grad der letzteren in der chemischen Zusammensetzung der Steinkohle zu suchen, doch besteht zwischen beiden kein einfaches Verhältniss.

Die Annahme, dass die harzigen Bestandtheile der Steinkohle die Schmelzbarkeit bedingen, hat sich als irrig erwiesen.[1]) Jedenfalls spielt der Wasserstoff- und Sauerstoff-Gehalt eine viel grössere Rolle, als der Gehalt an Kohlenstoff. Sehr wasserstoff- und sehr sauerstoffreiche Kohlen schmelzen gar nicht mehr, ebenso nicht sehr wasserstoff- und sauerstoffarme. So backen Anthracit und diejenigen Kohlenarten, welche den Braunkohlen nahe stehen, nicht zusammen, ersteren fehlt diese Eigenschaft wegen des geringen, letzteren wegen des zu hohen Gehalts an Wasserstoff und Sauerstoff. Es sind also

---

[1]) Siepmann, Ztschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1891, S. 27.

den Bestandtheilen der Kohle gewisse Grenzen nach oben und unten gesetzt. Nachstehende Tabelle zeigt die Reihenfolge der Brennstoffe bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung und Koksausbeute.

Reihenfolge der Brennstoffe.

| Art | C | H | O | freier H. | Koks-ausbeute | Spec. Gew. | Zeit der Bildung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Holz | 44 | 6 | 50 | — | 15 | 0,35 | Gegenwart |
| Torf | 60 | 6 | 34 | 2 | 20 | 0,6 | |
| Braunkohle | 65 | 7 | 28 | 3 | 40 | 1,00 | Tertiär u. Kreide |
| Steinkohle a) Flamm- | 75 | 6 | 19 | 4 | 50 | 1,25 | Steinkohlen-formation |
| b) Gas- | 80 | 6 | 14 | 4 | 60 | 1,30 | |
| c) Koks- | 85 | 5 | 10 | 4 | 70—80 | 1,35 | |
| d) Mager-kohle | 90 | 4 | 6 | 3 | 90 | 1,40 | |
| e) Anthracit (und Koks) | 95 | 2 | 3 | $1^1/_2$ | 95 | 1,50 (1,90) | |
| Graphit | 100 | — | — | — | 100 | 2 | Silur |

Nach dieser Reihenfolge stellt sich heraus, dass die Backfähigkeit gewissermaassen an folgende Grenzen gebunden ist: an 5—6 H, 10 O, 4 freien H und an das spec. Gew. 1,35.

Als allgemein gültige Regel ist diese Angabe jedoch keineswegs anzusehen, umsoweniger, als bei den Steinkohlen Fälle von Isomerie vorkommen, d. h. Fälle, wo von zwei gleich zusammengesetzten Kohlen die eine backt und die andere nicht. Es muss also der Verkokungsprocess die Anwesenheit gewisser aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden chemischen Verbindungen bedingen, Verbindungen, von denen man nähere Kenntniss bisher nicht erlangt hat. Wahrscheinlich sind es theerartige Körper, die sich bei höherer Temperatur in flüchtige Bestandtheile und festen Kohlenstoff zersetzen, welch' letzterer dann während seiner Erstarrung als Bindemittel dient.

Diesen Ausführungen steht die von zahlreichen Chemikern als richtig angenommene Ansicht Wedding's gegenüber. Derselbe spricht sich in seinen Vorlesungen an der Königlichen Bergakademie zu Berlin dahin aus, dass von einer „Schmelzbarkeit" des Kohlenstoffes überhaupt nicht die Rede sein könne. Kohlenwasserstoffe seien allerdings zum Theil schmelzbare Stoffe, aber in der hohen Temperatur der Verkokungsöfen könne auch bei diesen nur von einem vorübergehenden flüssigen Aggregatzustande die Rede sein. Vielmehr sei der Vorgang des Backens, ebenso wie der der Bildung von Stalaktiten

und Haaren, so zu erklären, dass die Kohlenwasserstoffe bei höherer Temperatur Kohlenstoff ausscheiden. Z. B. scheide der schwere Kohlenwasserstoff $C_2H_4$, welcher in Folge der Herabminderung der Temperatur innerhalb der Kohle entweiche, beim Austritt in die heisseren Ofenräume Kohlenstoff ab ($C_2H_4 = C + CH_4$), welcher sich in äusserst feinen Röhren absetze. Diese Kohlenstoffröhren verzweigen sich dann derart, dass einzelne getrennte Stücke zusammenwachsen. Während die Backkohle diese Eigenschaft im höchsten Grade zeigt, vereinigen sich bei der Sinterkohle nur die nahe gelegenen Theile eines und desselben Stückes, und bei der gasreichen Sandkohle, wie beim gasarmen Anthracit gelingt selbst dies nicht mehr, sondern die Kohlen zerspringen und geben Kokspulver.

Dass man in den scheinbar geflossenen, in der That aber wie beim Russ nur aus feinem Kohlenstoff bestehenden Kokshaaren oft Wasserstoff und Sauerstoff nachweisen könne, liege einfach in der praktischen Unvollkommenheit der Zersetzung begründet.

Eine dritte Ansicht bezüglich der Verkokungsfähigkeit der Steinkohle wird in neuester Zeit von Ed. Donath[1]) mitgetheilt.

Donath geht von der Anschauung W. Lugi's[2]) aus, dass nämlich der Kohlenstoff in zahlreichen Modifikationen auftreten könne, und dass die Ursache der Allotropie bei dem elementaren Kohlenstoff nicht einfach auf einer verschiedenen Anordnung der Moleküle (also auf mehr physikalischer Verschiedenheit) beruhe, sondern tiefer liege, nämlich in der verschiedenen Grösse und Struktur der Moleküle selbst, dafür spreche auch vor allem die ausserordentlich schwierige oder vielmehr in den meisten Fällen ja überhaupt nicht ausführbare Umwandlung der Kohlenstoffmodifikationen in einander.

Auf diesem Satze Lugi's fussend, hält Donath die Verschiedenheit des Verhaltens der Kohlenarten bei der trockenen Destillation schon in der grossen Verschiedenheit der Struktur der Kohlensubstanz begründet. Bei der Steinkohle sei schon im Molekül

---

[1]) E. Donath, Ueber neuere Forschungen der chemischen Forschung in ihrer Beziehung zur Metallurgie, in der Oesterreichischen Ztschr. für Berg- und Hüttenwesen; desgl. Ztschr. des Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins, Oktober 1894.

[2]) W. Lugi, Ber. d. deutsch. chemischen Gesellschaft in Berlin *1891*, 4085, *1892*, 1378.

ihrer Substanz die Anordnung und Verkettung der Karbonatome eine andere, als z. B. bei der Braunkohle, und diese äussere sich auch bei dem Verhalten in der Hitze und in der Beschaffenheit des Rückstandes.

Donath behauptet, dass die verschiedenen z. B. aus Steinkohlenkoks, Braunkohlenkrude, Holzkohle und Russ durch chemische Behandlung rein darstellbaren Kohlenstoffarten in chemischer Beziehung sich nachweisbar unterscheiden, und behält sich vor, den experimentellen Beweis hierfür — wenn möglich — zu erbringen. „Schon die uns bekannten Eigenschaften der Koks“, — heisst es weiter — „ihre schwierigere Verbrennlichkeit gegenüber der Holzkohle, der grössere Widerstand derselben gegen flüssige Oxydationsmittel lassen darauf schliessen, dass ihr Kohlenstoffmolekül anders konstruirt sei, wie das des Holzkohlenstoffes. Vielleicht stellt der Kokskohlenstoff einen Uebergang zwischen dem gewöhnlichen (Russ) Kohlenstoff und dem amorphen Graphit dar. Aus dem Gesagten würde auch eine Erklärung der Nichtkokbarkeit der Braunkohle etc. abgeleitet werden, da eben das Molekül derselben nicht die die Kokbarkeit bedingende Struktur besitzt.“

So interessant die Ausführungen Donath's auch sind, so werden sie doch erst dann maassgebend sein können, wenn auch bei Steinkohlen mit gleicher chemischer Zusammensetzung — von denen aber die eine verkokbar ist und die andere nicht — eine verschiedenartige Struktur der Kohlensubstanz nachgewiesen werden kann.

*Die Backfähigkeit der Steinkohlen weist in den verschiedenen Kohlenbecken einen verschiedenen Grad auf.* Nach dem Gehalt an Bitumen (vergasbaren Bestandtheilen) theilt man bekanntlich[1]) die Kohlen — zugleich auch dem geologischen Alter entsprechend — folgendermaassen ein:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 5 —10 | % | flüchtige | Bestandtheile | — magere anthracitische Kohle (geologisch die älteste) |
| 2. | 10 —15,5 | - | - | - | — gasarme (alte) Sinterkohle |
| 3. | 15,5—33,3 | - | - | - | — - - Backkohle |
| 4. | 33,3—40 | - | - | - | — gasreiche (junge) Backkohle |
| 5. | 40 —44,4 | - | - | - | — - - Sinterkohle |
| 6. | 44,4—50 | - | - | - | — - - Sandkohle (geologisch die jüngste). |

[1]) Wedding, Grundriss der Eisenhüttenkunde S. 46.

Es findet von der geologisch jüngsten Kohle, sowie von der geologisch ältesten eine gleichmässig ansteigende Zunahme der Backfähigkeit statt, die bei den mittleren Kohlen (3 und 4) ihren Höhenpunkt erreicht; jedoch bleibt hierbei die verschiedenartige Bedeckung der Flötze von bedeutendem Einfluss. Bei wachsender Mächtigkeit des Deckgebirges eignen sich geologisch ältere Kohlen mehr zur Verkokung, bei Verminderung der Mächtigkeit des Deckgebirges geologisch jüngere Kohlen. Was im Ruhrkohlenbecken das Verhältniss der Backfähigkeit der Steinkohle zu den Flötzbildungszeiträumen anbetrifft, so steigt die backende Eigenschaft einerseits in der ganzen Ablagerung von unten nach oben, andererseits im Fortstreichen von Westen nach Osten. Ein Bild von der Verkokungsfähigkeit der Kohlen verschiedener Flötze des Saargebietes[1]) giebt folgende Uebersicht:

| Kohlenart | Gehalt an C (bei 90° getrocknete aschenfreie Kohle) | Gehalt an freiem H (bei 90° getrocknete aschenfreie Kohle) | Aschengehalt | Gasausbringen aus 100 kg lufttrockener Kohle bei 10° und Normaldruck | | Koksausbringen aus aschenfreier Kohle bei 90° | | Beschaffenheit des Koks (Backfähigkeit der Kohle) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | cbm | Lichtstärke | getrocknet % | lufttrocken % | |
| Saargebiet Hangende Flötzpartie | 75,33—76,92 | 2,29—2,38 | 7,94 | 23,063 | 4,80 | 63,11 | 62,37 | Sandig } keine Backkohle |
| Mittlere Flötzpartie: hangende Flammkohlenpartie | 74,34—82,14 | 1,34—3,29 | 7,14 | 24,411 | 10,22 | 64,07 | 64,40 | Sandig u. zum kleinen Theil gesintert } keine Backkohle |
| Mittlere Flötzpartie: liegende Flammkohlenpartie | 73,64—84,38 | 1,83—3,65 | 6,77 | 25,908 | 11,77 | 63,41 | 63,14 | Sandig und zum grössten Theil gesintert und schon etwas backend (Backende Sinterkohle) |
| Fettkohlenpartie (liegende Flötzpartie) | 75,46—85,64 | 2,39—4,46 | 5,28 | 27,453 | 13,12 | 67,25 | 66,51 | Ausnahmsweise Sand-, öfters Sinter-, vorzugsweise Backkohle |

Die Eigenschaft zu backen ist bei einzelnen Kohlen ziemlich unbeständig. Manche Kohlensorten büssen nach der

[1]) Remy, „Kohlenaufbereitung und Verkokung im Saargebiet" 1890.

Förderung die Backfähigkeit rasch ein. Der Grund hierzu bleibt in der mehr oder minder schnellen Verwitterung zu suchen. Durch Verwitterung nimmt die Verkokungsfähigkeit der Kohle mit der Verminderung des Wasserstoffgehaltes, besonders des freien und Vermehrung des Sauerstoffgehaltes ab. Diese Abnahme tritt um so rascher ein, je grösser die dem Sauerstoff der Luft dargebotene Oberfläche ist, also rascher bei Feinkohlen, als bei Stückkohlen.

Die Schmelzbarkeit der Kohle lässt sich leicht aus dem Aufblähungsgrad erkennen, mit dem sie im engsten Zusammenhang steht. Man kann die Aufblähung mit der Hefegährung sehr gut vergleichen. Ein zu dünner Teig geht nicht auf, weil die Gasblasen bald platzen und der Teig wieder niedergeht. Weniger dünner und daher zäherer Teig bietet den aufsteigenden Gasblasen mehr Widerstand, es entstehen grössere Höhlungen, deren zähere Wandungen bei endlichem Platzen nicht wieder zusammensinken. (Jüptner, Heizstoffe.) Kohlen, die garnicht oder nur unvollkommen schmelzen, blähen nicht. Dagegen bilden Kohlen, welche leicht schmelzen, eine dünnflüssige Masse und erstarren somit erst nach geraumer Zeit; in Folge dessen zeigen sie beim Verkoken weniger Neigung zum Aufblähen, als solche Kohlen, die schwerer schmelzbar sind und sich in zähflüssigerem Zustande befinden und früher erstarren. Dieses ist auch der Grund, weshalb manche Kohlen bei verschiedenen Temperaturen die gleiche, manche dagegen eine sehr verschiedene Aufblähung erfahren können. Was den Einfluss der Temperatur auf die Aufblähung anbetrifft, so sind die Koks um so stärker aufgebläht, je niedrigere Erhitzung stattfindet, und umgekehrt.

In Westfalen entspricht nach Muck[1]) für derartige Kohlen im Durchschnitt — bei nur wenig differirendem freien Wasserstoff — der starken Aufblähung

1. geringerer Gesammtwasserstoff,
2. geringerer gebundener Wasserstoff (resp. Sauerstoff),
3. grössere Koksausbeute.

Diese Regeln gelten jedoch nur für Ruhrkohlen. Beziehungen zwischen dem Aufblähungsgrad und der procentischen Zusammensetzung der Kohlen sind bisher durchgreifend nicht festgesetzt worden. Aller Wahrscheinlichkeit nach läuft aber bei Backkohlen überall die grössere Koksausbeute mit der stärkeren Aufblähung parallel.

---

[1]) Muck, Steinkohlen-Chemie, S. 34.

Auf Grund der Aufblähung theilt A. Schondorff[1]) die Kohlen in fünf Gattungen. Es zeigt sich die freie Oberfläche des im Platintiegel hergestellten Kokskuchens:

| | | |
|---|---|---|
| rauh, | überall oder doch bis nahe zum Rande locker, | I. Sandkohle |
| feinsandig, | fest gesintert, nur in der Mitte locker | II. gesinterte Sandkohle |
| schwarz, | überall fest gesintert | III. Sinterkohle |
| grau und fest, knospenartig aufbrechend | | IV. backende Sinterkohle |
| glatt, metallglänzend und fest | | V. Backkohle. |

Die Backkohlen eignen sich am besten zur Herstellung eines Koks von guter Beschaffenheit. In Folge der ihnen zukommenden backenden Eigenthümlichkeit kann man selbst aus aschenreichen Backkohlen noch verhältnissmässig aschenarmen Koks darstellen, indem man sie zerkleinert und vor ihrer Verwendung zum Koksbrennen einer Aufbereitung unterzieht. Die Aufbereitung kann eine trockene oder nasse sein und bezweckt die Ausscheidung von Kohlenschiefer, Schwefelkies u. s. w. Je nach dem specifischen Gewicht wird sich zuerst Schwefelkies (5,1), dann Schiefer (2,4) und zuletzt die Steinkohle (1,35) in scharf gesonderten Schichten ablagern.

Die Aufbereitung der Steinkohle ist gemeiniglich nothwendig, weil mit zunehmendem Aschengehalt die Backfähigkeit der Kohle abnimmt. Stein (l. cit.) fand jedoch eine Kohle mit über 21 % Asche noch backend.

Der Aschengehalt der Steinkohle stammt theils aus der organischen Substanz, aus welcher die Kohle gebildet, theils besteht er aus Brandschiefer und sonstigen unverbrannten Theilen, welche bei der Bildung der Kohle eingelagert sind, theils setzt er sich aus der Menge Berge und Steine zusammen, welche der Steinkohle bei der Gewinnung je nach der dabei angewandten Vorsicht und nach der Art des Gesteins zufällt. Letzterer Theil der Asche wird durch die Wäsche leicht und vollständig abgeschieden, ersterer lässt sich jedoch nicht entfernen. Was den Schiefer anbelangt, so mengt derselbe sich häufig so innig mit der Substanz der Kohle, dass er sich ebenfalls der mechanischen Abscheidung durch Aufbereitung entzieht.

---

[1]) Preussische Zeitschr., Bd. 23, S. 135 ff. „Koksausbeute und Backfähigkeit der Saarkohlen“.

**Die einzelnen Bestandtheile der Asche wirken in der Weise auf die Backfähigkeit der Steinkohle ein, dass ein hoher Gehalt an Kieselsäure, Thonerde und Eisen wegen ihres hohen Schmelzpunktes die Backfähigkeit hindert; enthält die Asche dagegen mehr Kalk, so ist der Schmelzpunkt derselben ein niedriger, ein Umstand, der die Backfähigkeit fördert, indem an und für sich schlecht backende Kohlentheilchen durch das Flussmittel der Asche zu einem dichten, gut aussehenden Koks zusammengebacken werden.**

**Der Grundsatz: Je reiner die Kohle, desto reiner der Koks — hat überall seine Geltung. Nur in Pennsylvanien[1]) findet eine bemerkenswerthe Ausnahme statt. Die dortige Connelsville Kohle besitzt einen ganz geringen Aschengehalt und ist so weich, dass sie einfach als Förderkohle ohne jede weitere Aufbereitung zur Verkokung gelangt. Diese Kokskohle besteht aus:**

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 59,616 % |
| flüchtige Bestandtheile | 30,107 - |
| Schwefel | 0,784 - |
| Asche | 8,233 - |
| Wasser | 1,260 - |

**Noch geringer ist der Aschengehalt im Westvirginia-Koksrevier. Die Kohle soll — nach Wedding — im Durchschnitt folgende Zusammensetzung haben:**

| | |
|---|---|
| Wasser | 1,01 % |
| flüchtige Bestandtheile | 18,81 - |
| festen Kohlenstoff | 74,26 - |
| Schwefel | 0,73 - |
| Asche | 5,19 - |

und von dem Koks giebt man im Durchschnitt an:

| | |
|---|---|
| Wasser | 0,35 % |
| flüchtige Bestandtheile | 0,76 - |
| festen Kohlenstoff | 92,55 - |
| Schwefel | 0,60 - |
| Asche | 5,75 - |

---

[1]) „Die Bedingungen des Koksbrennens", Separat-Abdruck aus der bergmännischen Wochenschrift „Der Bergbau" (Carl Bertenburg, Gelsenkirchen). Der Verfasser dieser Schrift ist nicht, wie es in Schnabel's Lehrbuch der allg. Hüttenkunde heisst, Dr. Muck, sondern F. M. Simmersbach in Bochum.

Der Aschengehalt weicht im einzelnen zwar oft weit ab, bleibt aber immer äusserst niedrig, sodass kaum ein Grund zum Waschen der Kohle vorhanden ist, denn zuweilen haben die Koks aus ungewaschenen Kohlen weniger als 2 % Asche. (Wedding, „Stahl und Eisen“ 1893, *21*.)

In vielen Werken Amerikas wird sogar Gruskohle mit ihrem Gehalt an Schiefer und Schwefel direkt in den Ofen gefüllt, ohne irgend einer Trennung, Wäsche oder Zerkleinerung zu unterliegen. Manche Werke haben zwar das Waschen versucht, aber bald wieder aufgegeben, da der Koks aus gewaschener Kohle als Brennmaterial sich nicht billiger stellte, als der ungewaschene. Es entstand beim Waschen ein so grosser Verlust an Kohlentheilchen, die physikalische Struktur wurde so sehr verschlechtert, dass man es zweckdienlicher fand, die Asche auf Kosten der Feuerung, als die Asche durch Waschen zu reduciren.

Hieraus folgt, dass das Waschen nicht bei allen Kohlen zweckmässig und nothwendig ist. Selbstverständlich gewinnt jedoch die Kohle beim Waschen, die allzu unrein ist und zuviel Asche und Schwefelkies enthält, um in ungewaschenem, bzw. blos gesiebtem Zustande verkokt zu werden.

Man unterscheidet im Besonderen „gewaschene“ und „ungewaschene“ Kokskohle und spricht auch wohl vom Koks als „gewaschen“ und „ungewaschen“. Gewaschene Kokskohle soll höchstens 6 % Asche und 7 % Wasser enthalten. Bei sorgfältigem Betrieb und geeigneter Beschaffenheit der Kohlen lässt sich der Aschengehalt auf 4 % herabdrücken, sodass ein Koks mit etwa 5,5 % Asche zurückbleibt. Bezüglich des Nässegehaltes geht man am zweckdienlichsten nicht über 7 % Feuchtigkeit hinaus; in diesem Feuchtigkeitszustande ballt sich die Kokskohle noch zusammen, umschliesst nicht zu viel Luft und setzt sich hinreichend fest im Ofen zusammen, was an und für sich von Einfluss auf das Gefüge des Koks verbleibt.

Das Korn der Kokskohle soll in der Regel nicht grösser als 4 mm sein. Ist das Korn grösser als 4 mm und ungleichmässig, so zieht es ohne Zweifel stärkeren Abbrand an Kohlenstoff im Ofen nach sich. Je feiner das Kohlenkorn ist, desto dichter wird der Koks, und desto geringere Brennstoffverluste erzielt man durch Abbrand. Feingemahlene Kohle und sogar Kohlenschlamm, auch selbst aschenreicher, geben einen sehr dichten Koks, welch letzterer selbstredend zu metallurgischen Zwecken unbrauchbar ist. Je näher

die Stücke liegen, je kleiner und je mehr sie gepresst sind, desto leichter backen sie zusammen. Nichtsdestoweniger kann gröberes Korn ebenfalls guten Koks liefern, wie der amerikanische Rundofenkoks beweist.

Nach R. de Soldenhoff's[1]) Ansicht wird ein ebenso guter Koks erzeugt, wenn gröbere bituminöse Kohle, die aber nicht über 9,5 mm Korngrösse hat, zur Anwendung gelangt, als wenn ganz pulverförmige Kohle genommen wird. Soldenhoff weist auf die bekannte Thatsache hin, dass bei Anwendung ganz trockener pulverförmiger Steinkohle beträchtliche Verluste dadurch entstehen, dass durch die entweichenden Gase Kohle mitgerissen wird[2]). Dementsprechend tritt natürlich eine Verminderung der Koksausbeute ein, und die mitgerissene Kohle kann durch Verlegung der Züge Betriebsstörungen herbeiführen.

In Staffordshire wird aus sehr wenig bituminösen Kohlen der Koks an einigen Stellen nur durch Verwendung grober Kohle hergestellt. Je grösser die Kohlenstücke, um so grobstückiger fiel der Koks; bei Anwendung von Feinkohle wurde entweder gar keiner oder aber nur ein schlechter Koks erhalten.

Es ist demnach keineswegs nothwendig, die Kohle bis auf Pulverform zu bringen, um einen guten metallurgischen Koks zu erhalten; vielmehr hängt es von der Beschaffenheit der Kohle ab, ob man gröberes oder feineres Korn zu wählen hat. —

Die Verkokungsfähigkeit der Steinkohlen erscheint bei Kohlen von 70—80 % Koksausbeute am grössten. Kohlen von sehr hohem (82—90 %) oder von sehr niedrigem Koksausbringen sind nicht mehr backend. Die Koksausbeute der Kohlen nimmt in Westfalen in der Regel von den liegenden nach den hangenden Flötzen ab. Für Saarkohlen fand A. Schondorff (l. cit.) folgende Minimal- und Maximalwerthe:

| | Koksausbeute |
|---|---|
| Backkohle | 60,93—71,80 |
| Backende Sinterkohlen | 60,35—70,66 |
| Sinterkohlen | 56,44—74,76 |
| Gesinterte Sandkohlen | 59,89—71,02 |
| Sandkohlen | 59,34—81,95. |

---

[1]) R. de Soldenhoff, Vortrag vor dem South Wales-Institute of Engineers, Stahl und Eisen, 15. Mai 1894.

[2]) Siehe u. a. Hüssner, „Stahl und Eisen“ 1892, S. 194.

Ruhrkohlen haben ein bedeutend grösseres Ausbringen, etwa 70—87 %.

Die kohlenstoffreicheren und gasärmeren Kohlen (kurzflammige Backkohlen) haben eine grössere Koksausbeute, als die freilich besser backenden, aber gasreicheren gewöhnlichen langflammigen Backkohlen. Denn der Verkokungsprocess ist bezüglich des Ausbringens um so lohnender, je näher die backenden Kohlen in ihren Eigenschaften den anthracitischen stehen.

In Folge dessen ist man in neuerer Zeit dazu übergegangen, schlecht backende, aber kohlenstoffreiche Steinkohlen mit gut backenden, aber gasreichen zu vermischen, um hierdurch ein geeigneteres Material für die Verkokung zu gewinnen. Diese innige Vermischung verschiedener Steinkohlensorten wird natürlicher Weise durch den feinstückigen Zustand erleichtert, in welchem die aufbereiteten Kohlen zur Verkokung gelangen.

Gasreiche, leicht backende Steinkohlen geben in Folge ihres starken Aufblähens poröse, specifisch leichte Koks mit weichen Porenwänden, welche sich leicht zerreiben lassen, gasärmere Backkohlen erbringen dichte, specifisch schwerere Koks.

Auch aus diesem Grunde ist eine Mischung der Kohlen je nach den Umständen sehr zweckdienlich. Will man von gasreichen, leicht backenden Steinkohlen einen verhältnissmässig dichten Koks erhalten, so darf die Zersetzung nicht allzu beschleunigt verlaufen, und während derselben müssen die Kohlen einem starken Druck ausgesetzt werden, unter welchem der räumliche Inhalt der entweichenden Gase entsprechend vermindert wird.

In den Semet-Solvay-Oefen, welche ohne Anwendung eines besonderen Regenerators oder Lufterhitzers sehr heiss gehen und rasch entgasen, in Folge dessen sich zur Verkokung magerer Kohlen vorzüglich eignen, werden Mischungen von 75 % Fettkohlen und 25 % Magerkohlen in sehr schöne Koks übergeführt. Auf dem „Phönix“ besteht die Kohlenmischung aus 73—77 % Fettkohlen mit 25—26 % Gasgehalt und 23—27 % Magerkohlen mit 7—8 % Gasgehalt, enthält somit nur 20—21 % Gas. Die Georgs-Marienhütte bei Osnabrück setzt der Backkohle 25 % Piesberger Anthracit zu.

Sogenannter Anthracitkoks wird nach L. N. Lukens[1]) in Süd-

---

[1]) Engineering Mining Journ. 40, S. 239 und Jahresbericht über die Leist. der chem. Technologie 1886.

Wales durch Vermischen von 60 Anthracitstaub, 35 bituminöser Steinkohle und 5 Pech hergestellt. Der erhaltene Koks hat folgende typische Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 94,63 % |
| Wasserstoff | 0,30 - |
| Sauerstoff + Stickstoff | 1,48 - |
| Schwefel | 0,23 - |
| Asche | 3,36 - |

Die Landore-Werke in Pennsylvanien erzielen ebenfalls aus 50 Anthracitstaub und 50 bituminöser Kohle einen für den Hochofenprocess brauchbaren Koks.

Gehen wir auf den Einfluss der einzelnen Bestandtheile der Kohle auf die Höhe der Koksausbeute näher ein, so finden wir eine enge Beziehung zwischen letzterer und

1. dem Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff,
2. dem Gehalt an hygroskopischem Wasser,
3. dem Aschengehalt in der Kohle.

Namentlich hängt das Ausbringen an Koks von der Menge des freien Wasserstoffs in der Kohle ab und von den daraus beim Verkokungsprocess hervorgehenden besonderen Kohlenstoffverbindungen.

Der Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff regelt das Menge-Verhältniss der festen und gasförmigen Produkte der Entgasung insofern, als beim Verkoken Sauerstoff und Wasserstoff bis auf einen kleinen, im Koks verbleibenden Rest vollständig entweichen, und zwar der Sauerstoff mit dem entsprechenden Theil Wasserstoff als Wasser oder mit Kohlenstoff als Kohlensäure (bezw. Kohlenoxyd), während der übrig bleibende freie Wasserstoff überwiegend in Form verdichtbarer oder nicht verdichtbarer Kohlenwasserstoffe entweicht und nur zum kleineren Theil auch in den sauerstoffhaltigen Säuren und Basen des Theers enthalten ist. Um aber 1 Atom (= 12 Gewichtstheile) C in $CO_2$ zu verwandeln, braucht man 2 Atome (= 32 Gewichtstheile) Sauerstoff, dagegen braucht man nur 4 Atome (= 4 Gewichtstheile) Wasserstoff, um 1 Atom C in $CH_4$ zu verwandeln. Es kann also der freie Wasserstoff eine achtmal grössere Menge Kohlenstoff verflüchtigen, als Sauerstoff. Da schon in dem Methan oder Grubengas $CH_4$, dem kohlenstoffärmsten Kohlenwasserstoff, der Kohlenstoffgehalt 75 % beträgt, so wirkt der freie Wasserstoff überaus ungünstig auf die Koksausbeute, dagegen günstig auf die Gasausbeute.

Es kann leicht der Fall eintreten, wo eine Kohle mit grösserem Kohlenstoffgehalt und kleinerem Gesammtgehalte an Wasserstoff und Sauerstoff weniger Koks erbringt, als eine Kohle, welche weniger Kohlenstoff, aber mehr Sauerstoff enthält. So besteht nach Dr. Muck[1]) von Zeche Hannover bei Bochum, Flötz 11,
die Mattkohle aus:

84,740% C 5,261% H und 9,999% O bei 63,80 Koksausbeute,

die Glanzkohle aus:

82,988% C 5,301% H und 11,701% O bei 68,05 Koksausbeute.

Auf 1000 Kohlenstoff enthält aber:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| die Mattkohle | 47,33 | freien und | 14,75 | gebundenen H, |
| die Glanzkohle | 46,23 | - - | 17,64 | - H. |

Also ruft die kleine Differenz von 1,10 freien H und 2,89 gebund. H pro 1000 C, die bedeutende, von fast 5% in der Koksausbeute.

Bedingend für die Höhe der Koksausbeute ist bald der freie, bald der gebundene Wasserstoff (bezw. Sauerstoff). Nach Muck (l. cit.) nimmt bei nahezu gleichem Gesammtwasserstoff die Koksausbeute ab mit

1. zunehmendem gebundenen Wasserstoff (resp. Sauerstoff),
2. abnehmendem freien Wasserstoff.

Bei nahezu gleichem freien Wasserstoff nimmt sie nahezu proportional ab mit dem zunehmenden Gesammtwasserstoff, und bei nahezu gleichem gebundenen Wasserstoff nimmt sie mit zunehmendem freien Wasserstoff ab.

Ein hoher Sauerstoffgehalt in der Kohle vermindert die Koksausbeute auch insofern, als er beim Verkokungsprocess viele Schwierigkeiten bietet. Es tritt nämlich in Folge des Sauerstoffs beim Beginn des Processes eine sehr lebhafte und stürmische Gas- und Rauchentwicklung ein, welche bei kleinen Kanälen zum Oeffnen der Verschlussdeckel zwingt, um den Gasen Abzug zu verschaffen.

Bei der Verwitterung der Steinkohle wirken Wasserstoff und Sauerstoff ebenfalls auf das Ausbringen an Koks ein. Die Verwitterung ist die Folge einer Aufnahme von Sauerstoff, welcher einen Theil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der Steinkohle zu Kohlensäure und Wasser oxydirt, anderntheils direct in die Zusammensetzung der Kohle eintritt.

Nimmt nun der Wasserstoff nicht gleichzeitig entsprechend der

[1]) Muck, Steinkohlen-Chemie S. 21.

Sauerstoffzunahme ab, was namentlich bei wenig über 100° stattfindender Oxydation zu geschehen pflegt, so tritt eine Verringerung der Koksausbeute durch die Verwitterung ein; überwiegt dagegen die Wasserstoffabnahme die Sauerstoffzunahme verhältnissmässig, so ergiebt sich eine Vermehrung der Koksausbeute, besonders wenn die Oxydation weit über 100° stattfindet. In der Regel nimmt jedoch das Koksausbringen durch Verwitterung ab.

Der Gehalt an hygroskopischem Wasser vermindert naturgemäss die Koksausbeute. Die Bildung des Wasserdampfes im Ofen absorbirt sehr beträchtliche Mengen Wärme, sodass die Entgasung dadurch verzögert wird; jedoch ermöglicht ein gewisser Wassergehalt ein dichteres Zusammensetzen der Ofenbeschickung und vermittelt eine gleichmässige Schmelzung der dichter nebeneinander gelagerten Kohlentheilchen. Letzteres lässt sich aber auch bei trockenen Kohlen erreichen, wie der auf Zeche Rheinpreussen bei Homburg am Rhein hergestellte feste Koks beweist.

Was den Einfluss der Asche auf die Koksausbeute anbetrifft, so steigt letztere mit zunehmendem Aschengehalt, weil die Aschensubstanz als schlechter Wärmeleiter eine Erniedrigung der Verkokungstemperatur veranlasst.

Wenn die Verkokungsfähigkeit einer Kohle hauptsächlich von ihrer Beschaffenheit abhängt, so sind doch nicht minder die Verkokungsvorrichtungen in Betracht zu ziehen. Während z. B. die Kohlen von Südstaffordshire[1]), unter gewöhnlichen Verhältnissen verkokt, einen schwach gefritteten Koks geben, liefern sie ein festes Produkt bei rasch bis zum hellen Rothglühen gesteigerter Hitze.

Nach Dr. Muck (l. cit.) haben solche Kohlen, die bei schwächerem Erhitzen im Tiegel entweder mangelhaft geflossenen Kokskuchen liefern oder Neigung zu stärkerem Aufblähen zeigen, unbedingt einen heissen Ofengang nöthig, widrigenfalls erhält man schaumige, bröcklige Koks von mehr russschwarzem, als metallischglänzendem Aussehen. Andererseits ist heisser Ofengang für solche Kohlen, die sowohl bei stärkerem, als auch bei schwächerem Erhitzen nur wenig sich aufblähen, nicht unbedingt nothwendige Bedingung, wenn er auch stets günstig einwirkt.

Erhitzt man Backkohlen, anstatt rasch, nur allmählich, so schmelzen sie nicht mehr ordentlich, und es erfolgt ein sehr unan-

---

[1]) Muspratt's Chemie, 3. Auflage, 1876.

sehnlicher und sehr stark aufgeblähter Koksrückstand. Die schmelzbare Kohlensubstanz wird durch theilweise Entgasung zerstört.

Derselbe Fall tritt ein, wenn zwar genügend rasch, aber bei nicht genügend abgehaltenem Luftzutritt die Verkokung stattfindet, alsdann tritt eine theilweise Zerstörung durch Oxydation ein.

Werden backende Steinkohlen längere Zeit gelinde an offener Luft auf etwa 300° erhitzt, so entsteht aus der ursprünglich gut schmelzbaren Kohle eine neue Kohlenstoffverbindung, bezw. ein Gemenge von solchen, welche die Eigenschaft zu schmelzen in minderem Grade oder gar nicht mehr besitzt.

Je schwieriger aber die Steinkohle backt, um so höher muss die Temperatur sein, und desto schneller muss der Verkokungsprocess verlaufen, um brauchbaren Koks zu erzielen. Es wird also der Verlauf des Verkokungsprocesses stets durch die procentische Zusammensetzung der Kokskohle bedingt.

Wie bei verschiedenen Temperaturen, so lassen sich auch in verschiedenen Ofensystemen dieselben Kohlen nicht stets gleich gut verkoken. Im Lürmann'schen Ofen z. B. scheinen sich Fettkohlen ohne jede Mischung mit Gasflamm- oder mageren Kohlen nicht verkoken zu lassen[1]).

Was Fettkohlen als solche anbelangt, so hat man, wie bei allen Kohlengattungen, verschiedene Stufen und zwar hohe, d. h. fette, halbfette und normale Kokskohle mit ca. 18% flüchtigen Bestandtheilen zu unterscheiden. Hohe Fettkohle mit einem Gehalt an flüchtigen Bestandtheilen von 25—30% und mehr (viel Sauerstoff) verkokt unter starker Aufblähung wegen der stürmischen Gas- und Rauchentwicklung und kann daher in den horizontalen Koksöfen der Systeme Coppée, Otto u. s. w. nicht wie normale Kokskohle behandelt werden.

Auf einigen Kokereien lähmt man in diesen Oefen die rasche Gasentwicklung durch hohen Wassergehalt der Kohle, 12—18%, allerdings zum Nachtheil der Oefen und bei stärkerem Verbrauch an Kohlenstoff. Natürlicher wäre es, den Verkokungsprocess in den Coppée-Oefen bei Verwendung hoher Fettkohle unter Ausschaltung der heissen Heizgase langsamer beginnen zu lassen, um die anfänglich starke Gasentwicklung abzuschwächen.

Am besten eignen sich für solche Kohlen die Bienenkorböfen

---

[1]) Vergleiche „Stahl und Eisen“ 1887, VII.

(Rundöfen), weil in denselben mangels Wärmespeichers die Kohle selbst die Verbrennungshitze hergeben muss, und zwar von oben nach unten, sodass dadurch der Verkokungsprocess anfänglich verlangsamt wird. (Dauer bis zu 72 Stunden.) Die Amerikaner haben bei ihren so hohen Fettkohlen gar nicht so Unrecht, den Rundofen beizubehalten.

In Obernkirchen zeigt die dortige Wälderthonkohle sehr viel Gas, sodass man dort die Verkokung in offenen Meileröfen beibehalten hat, in denen ebenfalls die Kohle Selbstheizer spielt. In Süd-Wales wird nur die horizontale Ofenform benutzt, hingegen in Durham nur das Bienenkorbofensystem, weil eben in letzterem Bezirk die Kokskohle viel bituminöser ist, als in dem erstgenannten Becken.

Somit bedingt die Art der Steinkohle die Anwendung des einen oder anderen Ofensystems.

Der Brauchbarkeit einer Steinkohle zur Verkokung vergewissert man sich im Laboratorium durch Bestimmung der Backfähigkeit und Koksausbeute. Bezüglich der einzelnen Methoden sei auf Post, Chemisch-technische Analyse; Kerl, Probirkunst; Wedding, Eisenprobirkunst, u. a. m. hingewiesen.

Es leuchtet ein, dass eine Bestimmung der Koksausbeute durch Laboratoriumsversuche nicht vollkommen sein kann, wie denn auch das theoretische Ausbringen an Koks im Allgemeinen höher bleibt, als das wirkliche Ofenausbringen bei heissgehenden Oefen und normalem Betrieb. Jedenfalls geben aber die Tiegelverkokungsproben einen gewissen Anhalt, um auf die Höhe der Koksausbeute zu schliessen. Die besten und sichersten Ergebnisse erhält man durch Versuche im Koksofen selbst.

Die Gründe des Unterschiedes zwischen der theoretischen und praktischen Koksausbeute können mannigfacher Natur sein. Zunächst bleibt es sehr schwer, eine Durchschnittsprobe zu erhalten. Weiterhin ist die Art der Erhitzung eine ganz andere, als im Grossbetrieb. Im kleinen Tiegel gelangt die Kohle rasch auf eine hohe Temperatur, die Schmelzung erfolgt ziemlich rasch und gleichmässig durch die ganze Masse hindurch; die Gase können rasch entweichen, und der schliesslich entstehende Koks erscheint so aufgebläht, wie es im Grossbetrieb niemals der Fall sein kann. Denn dort erfolgt die Entgasung unter dem Widerstande der immer dichter werdenden Schmelzkruste und unter dem Druck der Ofengase. Wenn ferner gegen Ende der Verkokung sich der

letzte Antheil Kohle in der Mitte des Ofens zersetzt, während die Kohlentheilchen an den Wänden schon längst verkokt sind, so streichen die von der Mitte her aufsteigenden Gase und Dämpfe zum Theil über die schon gebildeten glühenden Koks und binden dabei bis zu 2 % Kohlenstoff.

Hauptsächlich aber rührt jene Differenz von dem nachtheiligen Abbrand des Kohlenstoffs durch Luftzutritt während des Verkokungsprocesses her, und zwar bedingt durch die Art der Einfüllung, den mangelhaften Verschluss der Ofenthüren und die Art der Verkokungsmethode.

Je sorgfältiger die Kohlenmasse im Ofen eingeebnet wird, je weniger Erhöhungen also im Satze zurückbleiben, desto weniger wird ein Nachkoken — das manchmal mehrere Stunden währen kann — nothwendig sein, was selbstredend auf die Höhe des Koksausbringens einwirkt.

Beim Füllen der Kohlen in den Ofen strömt viel kalte Luft auf einmal ein, desgleichen beim Oeffnen der Ofenthüren. Hierdurch geht nicht nur ein Theil des Kohlenstoffs verloren, und es entsteht nicht nur der in vielen Hinsichten lästige und gesundheitsschädliche Rauch, sondern es wird auch die Temperatur der Flamme und folglich auch die Uebergabe von Wärme an die zu erhitzenden Kohlentheile verringert. Unter diesen Umständen enthält der Qualm nicht nur Russ, d. h. unverbrannte Kohle, sondern auch Kohlenoxyd, das unter Entwicklung grosser Wärmemengen würde verbrennen können.

Was die Art der Verkokung bezüglich ihres Einflusses auf den Abbrand anbetrifft, so werden, falls die Wände eines neu chargirten Ofens gleich mit sehr hoher Temperatur geheizt werden, die ersten Gase, welche zu ihrer Entbindung grosser Hitze gar nicht bedürfen, in geradezu stürmischer Weise entweichen und gegen Ende des Verkokungsprocesses, wo sie zur Entwicklung der beim Ausgaren erforderlichen höchsten Hitzen durchaus erforderlich sind, fehlen. Die Folge davon bleibt, dass der Koksbrenner durch die Sehlöcher Luft zutreten lassen muss, um durch Verbrennung eines Theils Kohlenstoffs Ersatz für die fehlende Hitze zu schaffen — natürlich nur auf Kosten des Ausbringens.

Daher erscheint es zweckdienlich, das Gasen zwar sofort, aber langsam beginnen und mit stetig zunehmender Temperatur fortgehen zu lassen, um den oberflächlichen Abbrand der Beschickung zu vermindern. Eine weitere Verminderung tritt ein, wenn die Verbrennungs-

Tabelle I[1]).

| Herkunft der Kohle | Zusammensetzung der aschenfreien Kohle: C | H | O + N | Auf 1000 C sind enthalten H: freier | gebund. | Summa | Koks aus der aschenfreien Kohle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Deutschland:** | | | | | | | |
| Westfalen: | | | | | | | |
| 1. Mittel aus 6 Flötzen der Zeche Carolus Magnus | 82,319 | 5,284 | 12,397 | 44,15 | 18,81 | 62,96 | 73,88 |
| 2. Kohle mit höchster Koksausbeute, ebendaher | 84,003 | 4,984 | 11,013 | 42,96 | 16,41 | 59,37 | 76,12 |
| 3. Kohle mit niedrigster Koksausbeute, ebendaher | 79,887 | 5,404 | 14,708 | 44,61 | 23,01 | 67,62 | 71,74 |
| 4. Mittel aus 11 Flötzen der Zeche Präsident | 88,124 | 5,264 | 6,612 | 50,36 | 9,37 | 59,73 | 77,70 |
| 5. Kohle mit höchster Koksausbeute, ebendaher | 88,807 | 5,185 | 6,008 | 49,93 | 8,45 | 58,38 | 79,80 |
| 6. Kohle mit niedrigster Koksausbeute, ebendaher | 88,308 | 5,353 | 6,339 | 51,65 | 8,86 | 60,61 | 76,09 |
| 7. Mittel aus 16 Flötzen der Zeche Courl | 86,201 | 5,145 | 8,654 | 47,07 | 12,55 | 59,62 | 78,24 |
| 8. Kohle mit höchster Koksausbeute, ebendaher | 87,752 | 4,903 | 7,345 | 45,41 | 10,46 | 65,87 | 82,66 |
| 9. Kohle mit niedrigster Koksausbeute, ebendaher | 84,484 | 5,538 | 9,981 | 50,74 | 14,77 | 65,51 | 72,18 |
| 10. Kohle von H. Beckstatt der Zeche Roland | 88,128 | 5,241 | 6,631 | 50,05 | 9,41 | 59,46 | 81,63 |
| 11. Kohle von Flötz Sonnenschein der Zeche Massen | 87,097 | 3,941 | 8,962 | 32,38 | 12,84 | 45,22 | 83,65 |
| Niederschlesien: | | | | | | | |
| 12. Mittel aus 9 Flötzen der Carl Georg Victor Grube | 88,550 | 4,580 | 6,870 | 42,01 | 9,71 | 51,72 | 78,55 |
| 13. Kohle mit höchster Koksausausbeute, ebendaher | 89,930 | 4,340 | 5,730 | 40,34 | 7,98 | 48,32 | 83,00 |
| 14. Kohle mit niedrigster Koksausbeute, ebendaher | 86,950 | 4,880 | 8,170 | 44,40 | 11,73 | 56,13 | 73,90 |
| **Belgien:** | | | | | | | |
| 15. Mittel aus 6 Fl. von Mons | 88,660 | 4,880 | 6,460 | 46,00 | 9,12 | 55,12 | 77,80 |
| 16. - - 7 - - Centre | 89,090 | 4,790 | 6,120 | 45,12 | 8,50 | 53,62 | 80,25 |
| 17. - - 9 - - Charleroy | 89,290 | 4,800 | 5,910 | 45,16 | 8,28 | 53,74 | 81,69 |
| **Frankreich:** | | | | | | | |
| 18. Mittel aus 5 Fl. von Denain bei Valenciennes | 86,790 | 5,540 | 7,670 | 51,72 | 11,06 | 62,78 | 67,2—65 |
| 19. Mittel aus 9 Fl. des Beckens von Valenciennes | 87,750 | 5,190 | 7,060 | 49,09 | 11,05 | 59,14 | 73,1—67,7 |
| 20. Mittel aus 3 Fl.: Lens, Hersin und Bity-Montigny | 87,590 | 5,430 | 6,980 | 52,03 | 9,95 | 61,98 | 76—67 |
| 21. Kohle von Rive de Gier, Henryschacht, Bastardflötz | 90,530 | 5,050 | 4,420 | 49,68 | 6,09 | 55,77 | 76,30 |
| 22. Kohle von Rochebelle b. Alais | 90,550 | 4,920 | 4,530 | 48,08 | 6,25 | 54,33 | 77,70 |
| 23. Kohle v. Chaptalsch. (Creuzot) | 88,480 | 4,410 | 7,110 | 39,77 | 10,06 | 49,83 | 80,40 |

[1]) Muck, Steinkohlen-Chemie.

Tabelle II.

| Herkunft der Kohle | C | H | O | N | S | Asche | $H_2O$ | Koks-ausbeute |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Oesterreich:** | | | | | | | | |
| 1. Ostrauer Bezirk[1]) | 80,54 | 5,09 | 7,66 | 1,43 | — | 5,27 | — | 75,0 |
| 2. - - | 83,35 | 4,66 | 5,06 | 1,52 | — | 5,37 | — | 81,4 |
| **Ungarn[2]):** | | | | | | | | |
| 3. - | 86,93 | 4,35 | 6,47 | | 0,86 | 0,89 | — | 78,85 |
| 4. - | 86,95 | 4,13 | 6,76 | | 0,99 | 2,85 | — | 83,14 |
| 5. - | 80,67 | 4,38 | 6,30 | | 2,83 | 5,82 | — | 82,82 |
| 6. - | 69,59 | 4,12 | 9,35 | | 5,53 | 11,41 | — | 77,81 |
| 7. - | 79,63 | 4,46 | 4,68 | | 0,90 | 10,33 | — | 81,55 |
| **Russland[3]):** | | | | | | | | |
| 8. - | 78,41 | 3,48 | 12,61 | | 1,22 | 4,28 | — | 81,86 |
| 9. - | 76,57 | 3,40 | 8,56 | | 2,54 | 8,93 | — | 82,67 |
| 10. - | 83,01 | 3,70 | 11,27 | | 0,62 | 2,02 | — | 87,13 |
| 11. - | 83,65 | 4,41 | 9,44 | | Spuren | 2,50 | — | 83,33 |
| **England[4]):** | | | | | | | | |
| 12. Durham . . . | 83,47 | 6,68 | 8,17 | 1,42 | 0,60 | 0,20 | — | 62,70 |
| 13. Süd-Wales . . . | 83,78 | 4,79 | 4,15 | 0,98 | 1,43 | 4,41 | — | 72,60 |
| 14. Derbyshire . . . | 79,69 | 4,94 | 10,28 | 1,41 | 1,01 | 2,65 | — | 59,32 |
| 15. Lancashire . . . | 77,90 | 5,32 | 9,43 | 1,30 | 1,44 | 4,88 | — | 60,22 |
| 16. Northumberland . | 78,65 | 4,65 | 13,66 | | — | 2,49 | — | — |
| 17. - | 82,42 | 4,82 | 11,11 | | — | 0,79 | — | — |
| 18. - | 81,41 | 5,83 | 7,90 | 2,05 | — | 2,07 | — | 66,70 |
| 19. - | 78,69 | 6,00 | 10,07 | 2,37 | — | 1,36 | — | — |
| 20. Blaina, South-Wales | 77,42 | 5,36 | 8,22 | 1,65 | — | 1,46 | — | — |
| 21. - | — | 5,71 | 5,93 | 1,66 | — | 2,45 | — | — |
| 22. - | — | 6,18 | 4,58 | 1,49 | — | 4,00 | — | — |
| **Natal[5]):** | | | | | | | | |
| 23. Heet Dundee . | 72,99 | 5,25 | 11,69 | 0,80 | 4,02 | 7,32 | 1,95 | 77,54 |
| 24. Smith Dundee II. | 75,32 | 4,73 | 7,25 | 1,01 | 2,28 | 10,03 | 1,66 | 78,52 |
| 25. - - I. | 76,65 | 4,68 | 7,62 | 1,78 | 2,80 | 7,35 | 1,92 | 74,66 |
| 26. Meran Comp. VIII | 75,37 | 4,43 | 5,90 | 0,94 | 1,29 | 11,22 | 1,64 | 84,30 |
| 27. - - VI | 75,07 | 4,29 | 6,08 | 0,53 | 1,71 | 12,42 | 1,88 | 82,19 |
| 28. Ramsey . . . . | 74,18 | 3,94 | 4,95 | 1,58 | 0,42 | 14,18 | 1,17 | 84,03 |
| 29. Elands-Saagte . | 79,30 | 4,58 | 6,93 | 1,03 | 3,39 | 6,98 | 1,18 | 79,62 |
| **Nord-Amerika[6]):** | | flüchtige Bestandth. | | | | | | |
| 30. Connellsville . . | 59,616 | 30,107 | | | 0,784 | 8,233 | 1,260 | 63,633 |
| 31. Allegheny River . | 55,545 | 35,520 | | | 0,835 | 6,630 | 1,700 | 63,010 |
| 32. - - | 88,360 | 1,106 | | | 1,076 | 9,228 | 0,230 | 67,000 |
| 33. Warrior Field . | 71,640 | 28,240 | | | 0,640 | 2,030 | 0,120 | 73,670 |
| 34. - - | 63,120 | 31,250 | | | 0,890 | 5,630 | — | 68,750 |
| 35. Cahaba Field . . | 59,590 | 34,370 | | | 0,660 | 6,050 | — | 65,630 |
| 36. - | 60,530 | 34,60 | | | 0,680 | 4,870 | — | 65,400 |

(Anmerkungen siehe Seite 36.)

luft mit den Verkokungsgasen bei deren Austritt aus dem Ofenraum zusammentrifft, und die Verbrennung nicht im Ofenraum, sondern in den Wandkanälen stattfindet. Den letzten Schutz vor Abbrand erzielt man beim Ausdrücken des Kokskuchens aus dem Ofen durch möglichst rasche Abkühlung.

Bei Bienenkorböfen ist es unmöglich, das Verbrennen eines Theils des Kohlenstoffs zufolge der anfänglichen Zulassung der für die Verbrennung erforderlichen Menge Luft zu vermeiden. So erzielt Connelsville-Kohle (U. S. A.) mit 59,62 % C einen Koks mit 54,25 % C = 91 % in Bienenkorböfen; Miller-Kohle (U. S. A.) mit 68,50 % C sogar Koks mit nur 50,35 % C = 73½ %. (Weeks, Report on the manufacture of Coke.)

Diese Erfahrung hat man jedoch nicht nur rücksichtlich der Verkokung in offenen Oefen gebracht, sondern auch bei allen anderen Systemen. Die schon erwähnte Miller-Kohle mit 68,50 % C ergab in Belgischen Oefen Koks mit 61,25 % C = 89,4 %.

Bei Coppée-Oefen erscheint der Unterschied noch geringer und beträgt in Westfalen höchstens 5—7 %. Das Ausbringen bei den Oefen mit Theer- und Ammoniakgewinnung ist um einige Procent höher, als bei den gewöhnlichen Koksöfen. Diese höhere Koksausbeute bedingt der absolute Luftabschluss, der durch das dichte Verschmieren bei gleichzeitigem geringen Ueberdruck im Ofen erzielt wird. Je geringer der Luftzutritt beim Verkokungsprocess wird, d. h. je rationeller die Verkokung im Grossen ausgeführt wird, desto grösser wird die Annäherung der praktischen Koksausbeute an die theoretische sein.

Die vorstehenden Tabellen behandeln die typische Zusammensetzung und Koksausbeute der Kokskohlen des In- und Auslandes.

---

[1]) W. Jicinsky, Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, No. 40, S. 528.

[2]) Weeks, Manufacture of coke.

[3]) P. Hagemans, „Stahl und Eisen" 1887, S. 261 und Jahresbericht über die Leist. d. chem. Techn. 1887.

[4]) No. 12—15 Dürre, Neuere Koksöfen, S. 24. — No. 16—22 Weeks (l. cit.).

[5]) R. Hefelmann und A. Jähn, Chemiker-Ztg. 1889, S. 1190 und Jahresbericht über d. Leist. d. chem. Techn. 1889.

[6]) Weeks (l. cit.).

Drittes Kapitel.

# Der Verkokungsprocess und sein Einfluss auf Gestalt und Aussehen des Koks.

Die Darstellung des Koks findet in der Regel in luftdicht geschlossenen Oefen, welche von aussen durch Verbrennung der bei der Verkokung selbst entwickelten brennbaren Gase erhitzt werden, zuweilen auch, wie die der Holzkohlen, unter Zutritt der Luft statt, wobei dann ein Theil des Kohlenstoffs verbrennt und dadurch die zur Verkokung der übrigen Kohlenmasse nothwendige Temperatur erzeugt.

Der chemische Verlauf des Verkokens gleicht dem Verkohlungsprocess und unterscheidet sich von demselben nur durch den höheren Temperaturgrad. Beim Verkohlungsprocess betheiligen sich nur die extraradikalen Atome oder Atomgruppen, oder um Strukturvorstellungen zu gebrauchen, nur die Seitenketten, an der Zersetzung, beim Verkoken dagegen das Radikal, der Kern, ebenfalls.

Der Betrieb des Koksofens zerfällt in folgende Arbeitseinschnitte:

1. Einfüllung der Kohle,
2. Anwärmung der Kohle durch die Gase der Nachbaröfen,
3. Verkokung und
4. Ausziehen des Kokskuchens.

Man hat nun versucht, den Verlauf des Verkokungsprocesses in ein gewisses Schema zu bringen und bei den Vorgängen des Koksbrennens Perioden zu unterscheiden, die sich von einander scharf abtrennen. Man wird indessen nicht fehlgehen, wenn man von derartigen Versuchen absieht, weil beim Brennen der Kohle zu Koks beständig Uebergänge aus dem einen in den anderen Zustand ohne scharfe Abscheidung eintreten.

Eher könnte man wohl für jedes einzelne Kohlentheilchen verschiedene aufeinander folgende Perioden für die Verkokungsvorgänge unterscheiden, da jedes einzelne Kohlentheilchen sich allmählich vom

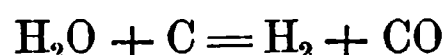
Einfüllen bis zur Entleerung verändert, und zwar verlaufen die Vorgänge, je nachdem die Kohlentheilchen in der Mitte oder unmittelbar an den heissen Wandungen liegen, verschieden. Es treten also zu gleicher Zeit an verschiedenen Stellen verschiedene Vorgänge im Koksofen auf[1]).

Um die Verbrennung einzuleiten, bleibt eine gewisse Luftmenge erforderlich; der Luftzutritt muss so reichlich sein, dass eine zur Erzielung der nöthigen Temperatur hinreichend lebhafte Gasverbrennung stattfindet. Die Verbrennung wird um so vollkommener sein, je höher die Luft vorgewärmt ist.

Naturgemäss beginnt die Verkokung an den Stellen, wo die von aussen zugeführte Menge Luft am ehesten einwirken kann, und so tritt denn gleich nach dem Einfüllen der Beschickung eine Gasentwicklung der an den heissen Ofenwänden lagernden Kohlentheile, besonders der staubartigen, ein, was aus dem Rauch, der bei der Oeffnung der Füllöcher herausströmt, deutlich hervorgeht.

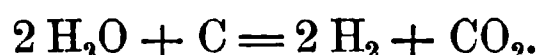
Da die Kohlenmassen sofort mit den glühenden Wänden in Berührung kommen, so überzieht sich die Beschickungsmasse zugleich oberflächlich mit einer porösen Schmelzkruste, von welcher die Schmelzung nach Innen zu fortschreitet. Die Schmelzkruste wird nun immer dichter und dichter und verlangsamt somit die Entgasung der inneren Kohlentheile in gewissem Sinne.

Während die Verkokung im Innern der Beschickungsmasse allmählich weiterschreitet, tritt unter Mitwirkung des Wassergehaltes der Kohle und der anfänglich im Ofen befindlichen Luft eine Zersetzung ein. Es entwickelt sich eine Reihe von neuen Produkten. Der erste Theil des Wassers entweicht mit dem grössten Theil des vorhandenen Sauerstoffs vor Eintritt der Rothgluth unzersetzt, der andere Theil, bzw. der im Innern der Beschickungsmasse befindliche Nässegehalt wird bei der geringen Leitungsfähigkeit der Kohle erst dann ausgetrieben, wenn die äusseren Theile des Kokskuchens sich schon in heller Rothgluth befinden. Beim Passiren der heissen Schichten zersetzt sich dieses Wasser und unter Freiwerden von Wasserstoff bilden sich Kohlensäure und Kohlenoxyd nach den Gleichungen



$$H_2O + C = H_2 + CO$$

und



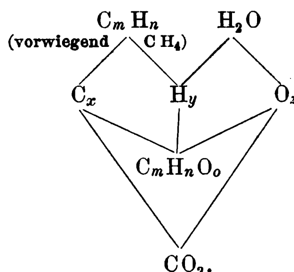
$$2\,H_2O + C = 2\,H_2 + CO_2.$$

---

[1]) „Stahl und Eisen“ 1894, No. 5 und 6. „Ueber den Verkokungsprocess“.

Die Gasentwicklung beginnt schon bei ca. 100° C. und nimmt entsprechend bis zur Temperatur der eigentlichen Zersetzung, der dunklen Rothglühhitze, zu. In den ersten Stunden des Betriebes entwickelt sich das Gas in sehr stürmischer Weise, später geht die Entwicklung ruhiger vor sich. Der freie Wasserstoff vereinigt sich mit einem Theil des Kohlenstoffs zu gasförmigen Verbindungen, es entwickeln sich besonders Grubengas $CH_4$, Elaylgas $C_2H_4$ und flüssige theerartige Produkte und zwar bei einer Temperatur von 500—600°. Gleichzeitig bilden sich Verbindungen der drei Grundstoffe, deren Siedepunkte weit unter der Bildungstemperatur liegen, welche sich also sofort verflüchtigen.

Der Höhepunkt der Entgasung liegt bei ca. 1400° C., um gegen Ende der Garung, resp. bis zum Hinausdrücken des Koks wieder auf ca. 800° C. herabzusinken. Nachstehendes Schema, auf welchem der Einfachheit halber Stickstoff und Schwefel als unwesentliche Bestandtheile fortgelassen sind, wird den Verkokungsprocess gut verdeutlichen:




Ueber die Reihenfolge der bei der Verkokung der Steinkohlen in denselben sich abspielenden Reaktionen und ihre Tragweite fehlen heute noch gewisse Vorversuche und Erfahrungssätze, und so lange die Zusammensetzung der Steinkohle nicht bekannt ist, werden wohl die eigentlichen inneren Vorgänge der Verkokung in Dunkel gehüllt bleiben.

Die organischen Verbindungen, welche die Steinkohle bilden, zersetzen sich bei der im Koksofen herrschenden Hitze, und die Spaltungsprodukte treten wieder in andere Bindungen zu einander: es bilden sich Verbindungen, welche bei der erhöhten Temperatur bestehen können. Die Natur der so entstehenden flüchtigen Produkte hängt demnach wesentlich von letzterer ab. Je höhere Temperatur herrscht, und je länger die Erhitzung dauert, desto mehr

wird von den Anfangs in Dampfform entwickelten Produkten in höhere Heizgase übergeführt, und desto wechselnder wird ihre Konstitution. Ausser der Temperatur hat auch die Gestalt des Ofens, welcher den sich bildenden Gasen mehr oder weniger lange Zeit zur Berührung der heissen Ofenwände gestattet, und die gegenseitige Verwandschaft der gebildeten Entgasungsprodukte Einfluss. Die grösste Rolle spielt natürlich die Art der Kokskohle. Je mehr Wasserstoff dieselbe enthält und je weniger Sauerstoff, desto überwiegender wird die Menge der Zersetzungsprodukte sein, welche ersterer mit dem Kohlenstoff bildet.

Nach den in der chemischen Technologie von Wagner (13. Auflage, 1889) befindlichen Zusammenstellungen bilden sich bei der Steinkohlendestillation folgende Verbindungen:

I. Koks.

II. Leuchtgas:

1. Leuchtende Bestandtheile oder Lichtgeber:

a) Gase:

Acethylen $C_2H_2$
Aethylen $C_2H_4$
Propylen $C_3H_8$
Butylen $C_4H_8$
Allylen $C_3H_4$
Crotonylen $C_4H_6$
Teren $C_5H_8$.

b) Dämpfe:

Benzol $C_6H_6$
Thiophen $C_4H_4S$
Styrolen $C_8H_8$
Naphtalin $C_{10}H_8$
Methylnaphtalin $C_{11}H_{10}$
Fluoren $C_{13}H_{10}$
Fluoranthen $C_{15}H_{10}$
Propyl $C_3H_7$
Butyl $C_4H_9$.

2. Verdünnende Bestandtheile oder Lichtträger:

Wasserstoff $H_2$
Methan $CH_4$
Kohlenoxyd $CO$.

3. Verunreinigende Bestandtheile:
   - Kohlensäure $CO_2$
   - Ammoniak $NH_3$
   - Cyan $CN$
   - Cyanmethyl $C_2H_3N$
   - Schwefelcyan $CNS$
   - Schwefelwasserstoff $SH_2$
   - Geschwefelte Kohlenwasserstoffe, Schwefelkohlenstoff $CS_2$, wahrscheinlich Kohlenoxysulfid $COS$
   - Stickstoff N.

III. Ammoniakwasser:

1. Hauptbestandtheile:
   - Kohlensaures Ammon $(NH_4)_2CO_3$
   - Schwefelammon $(NH_4)_2S$.
2. Nebenbestandtheile:
   - Schwefelcyanammon $NH_4CNS$
   - Chlorammon $NH_4Cl$
   - Cyanammon $NH_4CN$.

IV. Theer (nach Schulz u. A.):

1. Neutrale Verbindungen:

a) Kohlenwasserstoffe:

α) Fettkörperreihe:

| | Schmelzpunkt ° | Siedepunkt ° |
|---|---|---|
| Crotonylen $C_4H_6$ | flüssig | 25 |
| Amylen $C_5H_{10}$ | - | 30 |
| Hexylen $C_6H_{12}$ | - | 71 |
| Kohlenwasserstoff $C_6H_{10}$ | - | 85 |
| O. Jacobsen's Kohlenwasserstoff | - | 159 |
| Paraffin | fest | etwa 400 |

β) Aromatische Reihe:

| | Schmelzpunkt ° | Siedepunkt ° |
|---|---|---|
| Benzol $C_6H_6$ | + 3 | 81 |
| Toluol $C_7H_8$ | flüssig | 111 |
| Orthoxylol $C_8H_{10}$ | - | 141 |
| Metaxylol $C_8H_{10}$ | - | 141 |
| Paraxylol $C_8H_{10}$ | 15 | 137 |
| Styrol $C_8H_8$ | flüssig | 146 |
| Mesitylen $C_9H_{12}$ | - | 163 |

| | | |
|---|---|---|
| Pseudocumol $C_9H_{12}$ | flüssig | 169 |
| Hemellithol $C_9H_{12}$ | - | 175 |
| Terpen $C_{10}H_{16}$ | - | 171 |
| Cymol $C_{10}H_{14}$ | - | 175 |
| Tetramethylbenzol $C_{10}H_{14}$ | — | — |
| Naphtalinhydrür $C_{10}H_{10}$ | flüssig | 205 |
| Naphtalin $C_{10}H_8$ | 80 | 217 |
| α-Methylnaphtalin $C_{11}H_{10}$ | — | 243 |
| β-Methylnaphtalin $C_{11}H_{10}$ | 32,5 | 241,5 |
| Diphenyl $C_{12}H_{10}$ | 71 | 254 |
| Berthelot's Kohlenwasserstoff | 85 | 260 |
| Acenaphten $C_{12}H_{10}$ | 99 | 280 |
| Fluoren $C_{13}H_{10}$ | 113 | 294 |
| Phenanthren $C_{14}H_{10}$ | 100 | 340 |
| Fluoranthen $C_{15}H_{10}$ | 109 | über 360 |
| Pseudophenanthren $C_{16}H_{12}$ | 115 | - 360 |
| Anthracen $C_{14}H_{10}$ | 213 | - 360 |
| Methylanthracen $C_{15}H_{12}$ | 200 | - 360 |
| Pyren $C_{16}H_{10}$ | 119 | - 360 |
| Chrysen $C_{18}H_{12}$ | 250 | - 360 |
| Chrysogen | 290 | - 360 |
| Parachrysen | 320 | - 360 |

b) Andere neutrale Verbindungen des Steinkohlentheers:

| | | |
|---|---|---|
| Schwefelkohlenstoff $CS_2$ | flüssig | 47 |
| Aethylalkohol $C_2H_6O$ | - | 78 |
| Acetonitril $C_2H_3N$ | - | 82 |
| Wasser $H_2O$ | 0 | 100 |
| Carbazol $C_{12}H_9N$ | 238 | 355 |
| Phenylnaphtylcarbazol $C_{16}H_{11}N$ | 330 | über 440 |
| Thiophen $C_4H_4S$ | — | 84 |
| Thioxen $C_6H_8S$ | flüssig | 137 |

2. Säuren:

| | | |
|---|---|---|
| Schwefelwasserstoff $H_2S$ | — | — |
| Blausäure CNH | — | — |
| Kohlensäure $CO_2$ | — | — |
| Essigsäure $C_2H_4O_2$ | 17 | 119 |
| Phenol $C_6H_6O$ | 42 | 182 |
| Orthokresol $C_7H_8O$ | 31 | 188 |

| | | |
|---|---|---|
| Metakresol $C_7H_8O$ | flüssig | 201 |
| Parakresol $C_7H_8O$ | 36 | 199 |
| Xylenol $C_8H_{10}O$ | — | — |
| Isodurol $C_{10}H_{12}O_2$ | 215 | — |
| α-Pyrokressol $C_{28}H_{26}O_2$ | — | 195 |
| β-Pyrokressol $C_{28}H_{26}O_2$ | — | 124 |
| γ-Pyrokressol $C_{28}H_{26}O_2$ | — | 104 |
| Benzoësäure $C_7H_6O_2$ | 121 | 249 |
| 3. Basen: | | |
| Ammoniak $NH_3$ | Gas | — |
| Pyridin $C_6H_5N$ | flüssig | 115 |
| Pyrrol $C_4H_5N$ | - | 126 |
| α-Picolin $C_6H_7N$ | - | 134 |
| Lutidin $C_7H_9N$ | - | 154 |
| Collidin $C_8H_{11}N$ | - | 179 |
| Anilin $C_6H_7N$ | - | 182 |
| Parvolin $C_9H_{13}N$ | - | 188 |
| Corindin $C_{10}H_{15}N$ | - | 211 |
| Rubidin $C_{11}H_{17}N$ | - | 230 |
| Chinolin $C_9H_7N$ | - | 239 |
| Chinaldin $C_{14}H_9N$ | - | 240 |
| Viridin $C_{12}H_{19}N$ | - | 251 |
| Lepidin $C_{10}H_9N$ | - | 257 |
| Cryptidin $C_{11}H_{11}N$ | - | 274 |
| Acridin $C_{12}H_9N$ | 107 | über 360 |

4. Asphalt bildende Bestandtheile: Brandharze.
Kohle.

Ein Theil der Stoffe entsteht unmittelbar aus der Kohle, der andere aus den ersten Produkten. So werden besonders an den weniger erhitzten Stellen des Koksofens ohne Frage Verdichtungen der Destillate stattfinden, die bei höherer Temperatur sich wieder spalten und dann eine andere Konstitution annehmen. In hoher Hitze zerlegen sich die Kohlenwasserstoffe unter Abscheidung von Kohlenstoff bis zur Verbindung des Grubengases, und zwar beginnt diese Zersetzung bei ca. 600°. Je kohlenstoffreichere Kohlenwasserstoffe sich entwickeln und je grösser die Hitze ist, um so reichlicher scheidet sich Kohlenstoff aus ($C_2H_4 = C + CH_4$). Wahrscheinlich entstehen zunächst die Kohlenwasserstoffe der Methanreihe, aus

denen sich unter Abspalten von Wasserstoff wieder andere Körper bilden ($C_2H_4 = C_2 + 2H_2$). [Vergl. Weddings Theorie, S. 19.]

Da die hohe Temperatur die Verwandtschaft des Kohlenstoffs zu den flüssigen Elementen steigert, diese somit einen grösseren Theil davon mit wegnehmen, so werden also die bei hoher Temperatur entstehenden Verbindungen kohlenstoffreicher, aber wasserstoff- und sauerstoffärmer sein, als die bei niedriger Temperutur sich bildenden, d. h. die Bindung der Kohlenstoffatome darf bei hoher Temperatur nicht als eine einfache (abgesehen von den ungesättigten Fettkörpern) und die Kette nicht als offen vorausgesetzt werden, sondern wir haben eine geschlossene Kohlenstoffkette mit mehrfacher Bindung der Kohlenstoffatome. Bei niedriger Temperatur werden daher wohl vorwiegend Fettkörper entstehen, welche bei höherer Temperatur sich in aromatische Körper molekular verdichten werden. Je nach dem Zweck bleibt somit der Entgasungsprocess verschieden zu gestalten.

Der Verkokungsprocess ist mit dem Aufhören des Flammens beendet, keineswegs aber zugleich die Entgasung des Koks. Dieselbe wird überhaupt niemals im Koksofen eine vollkommene, da in demselben eine viel zu niedrige Temperatur herrscht. Erst bei grösserer Hitze, z. B. vor den Formen des Hochofens, erhalten wir einen vollständig entgasten Koks. Beim Verkoken bleiben stets Wasserstoff und Sauerstoff im Koks zurück, theils okkludirt, theils in Form sehr feuerbeständiger Kohlenwasserstoffverbindungen. (Vergl. folgendes Kapitel, Wasserstoff.)

Das Entweichen der Gase der Steinkohle während des Verkokungsprocesses verursacht, abgesehen von der anfänglichen Aufblähung, deren Höhepunkt bei ca. 600° C. liegt, eine stetig zunehmende Volumenverminderung des aus der Kohle ausbrennenden Kokskuchens, so zwar dass diese Volumenverminderung erst mit der Entgasung, entsprechend der üblichen Garungszeit, ein Ende nimmt. Die Form der Poren, welche bis dahin noch in ihrer Bildung durch die eingeschlossenen Gase beeinflusst war, wird gegen Ende des Processes eine endgültige, an der auch das nachherige Löschen nichts mehr zu ändern vermag. Der Ansicht, dass eine Volumenverminderung durch das Löschen erfolge, kann nicht beigepflichtet werden.

Von Einfluss auf die Verkokung erscheint das Einstampfen der Kohle in den Oefen. Je lockerer sich die Kokskohle im Ofen einfüllt, eine desto grössere Menge Luft gelangt in den Ofenraum, deren

Einwirkung auf den Verlust an Kohlenstoff, wie im vorigen Kapitel erwähnt, eine nachtheilige bleibt.

Durch die Kohlenstampfvorrichtung von Quaglio verliert die gemahlene Steinkohle 25% an Volumen; die Kohle wird also durch das Stampfen auf drei Viertel ihres Volumens in lose geschüttetem Zustande zusammen gedrängt, und der Koks wird um 25% dichter. Durch das Stampfen legen sich die Kohlentheilchen dicht und glatt aufeinander und backen infolgedessen bei der darauffolgenden Hitze im Koksofen viel leichter, als wenn sie nur lose geschüttet sind. Das Bindemittel bildet die Feuchtigkeit, jedoch wird bei der Kohle nur ein geringer Grad von Nässe verlangt, sodass die Garungszeit nicht verlängert wird.

Die Garungszeit kann bei gleicher Einsatzmenge je nach der Beschaffenheit der Kokskohle und dem Ofensystem (besonders nach den Querschnittsverhältnissen) verschieden sein. Gewöhnlich bewegt sich die Brennzeit zwischen 24—72 Stunden. Der Querschnitt des Ofenraumes

bei 48stündigen Coppée-Oefen beträgt $1{,}6 \times 0{,}6 = 0{,}96$ qm,
- - 24 - - - nur $1{,}0 \times 0{,}5 = 0{,}5$ -
(oder $1{,}3 \times 0{,}4 = 0{,}52$ qm).

Also steht die Garungszeit im geraden Verhältniss zum Querschnitt. Für stark blähende Kohlen nimmt man am geeignetsten schmale Oefen, da diese die Beschickung schnell erhitzen.

Nach der Entgasung bilden die Koks mehr oder minder feste Anhäufungen entgaster Kohlentheilchen. Die Stücke sind in Folge des Schwindens und Reissens des glühend aus dem Ofen kommenden Koksprismas nach Art des Basaltes in der Richtung der fortschreitenden Hitze mehr oder weniger unregelmässig zerklüftet.

Der Kokskuchen erscheint beim Coppée-Betrieb in der Mitte gespalten, da die Richtung des Verkokens von den Wänden nach der Mitte des Ofens fortschreitet. Die Ablösungsflächen liegen also wagerecht, und somit können die einzelnen Stücke höchstens die Länge der halben Ofenweite erreichen. Herrscht eine gleichmässige Hitze, so liegt die Trennungsebene gerade in der Mitte; wird eine Seitenwand aber stärker erhitzt, als die andere, so rückt die Trennungsfläche weiter fort. Erscheint die Trennungsebene nicht scharf ausgeprägt, so findet entweder die Verkokung an dieser Stelle nur

ungenügend statt, oder die Einwirkungen der Heizfläche greifen in einander über; der Koks wird schaumig und rauh.

Bei schmalen Oefen liegt die Trennungsfläche der Wandstücke senkrecht in der Ofenmitte, bei breiten Oefen wagerecht in der Beschickungsmitte, und bei annähernd quadratischem Querschnitt des Kokskuchens und gleichmässiger Hitzewirkung von allen Seiten bildet sie die Mittellinie des Koks, dessen Spaltungen radial stehen. Ofenbreite und Verkokungstemperatur stehen also in einem bestimmten Verhältniss (Remy).

Der Querschnitt durch einen Kokskuchen im Coppée-Ofen zeigt die verschiedene Art der Einwirkung der Hitze, bezw. das Fortschreiten der Verkokung. Ein Theil des Kokskuchens wird durch Einwirkung der durch die Sohle zugeführten Hitze gebrannt, ein anderer durch diejenige des Gewölbes, und zwischen beiden liegen Theile, die durch die Hitze der Seitenwände zur Verkokung gelangen. Je stärker der Ofen an einer der erwähnten Stellen geheizt wird, desto weiter schreitet an derselben auch die Verkokung vor. Nach dem Aussehen eines Kokskuchens lässt sich also beurtheilen, ob die Wärmezufuhr eine gleichmässige war oder nicht.

Im Bienenkorbofen schreitet der Verkokungsprocess von oben nach unten fort, da die Erhitzung von oben her erfolgt. In Folge dessen sind die Absonderungsflächen der Koksstücke senkrecht gerichtet. Man erhält somit in den Bienenkorböfen sehr langstückigen, säulenförmigen Koks.

Ist der Verlauf des Verkokungsprocesses normal verlaufen, so zeigen die Seiten des Kokskuchens die sogenannten Blumenkohlköpfe. Schwarze Köpfe können meist als Merkmal eines ungaren Brennens gelten. Jedoch kann das schwarze Aussehen des Koks auch daher kommen, dass der Koks beim Ausstossen an einzelnen Stellen immer mit etwas Luft in Berührung kommt. Je rascher der Koks abgelöscht wird, desto weniger kommen solche unansehnliche Stellen vor. Wenn der Ofengang dagegen anormal verläuft, so fällt der Koks in dicken, klobigen Stücken, „blockig", und erscheint mangelhaft geschmolzen besonders in der Mitte, wo mehr oder minder schlechte und unverkohlte Theile zurückbleiben. Der Koks besitzt in diesem Falle nur eine geringe Festigkeit und hat ein schmutzigschwarzes Aussehen, letzteres an den Kopfseiten noch durch grünlichen Schimmer verstärkt.

Solche schlecht verkohlte Theile sind im Hochofen sehr schäd-

lich, da sie wegen ihrer geringeren Festigkeit der zerstörenden Einwirkung der Kohlensäure sehr ausgesetzt sind und zugleich die Reibung der Beschickung nicht auszuhalten vermögen. Man vermeidet diesen anormalen Ofengang, wenn man grössere Wärme zuführt. Die Temperatursteigerueg hilft nämlich die Hindernisse überwinden, welche der Wärmezufuhr nach dem Ofeninnern entgegenstehen, sodass dort die Verkokung unter höherer Temperatur erfolgt und der Koks besser ausfällt. Je gleichmässiger aber der Koks wird, desto vortheilhafter ist er für einen lebhaften Hochofenbetrieb. Um eine gleichmässige Qualität Koks zu erzielen, bleiben gleichmässige Temperatur und gleichmässige Vertheilung von Verbrennungsluft und Gas nothwendige Bedingung.

Beim englischen Rundofenkoks („Bedingungen des Koksbrennens") hält man die Verkokung nicht vollständig verlaufen, sobald mehr oder minder tiefe Risse im Koks zeigen, dass nicht alle Kohlenstoffverbindungen verkokt sind, wenngleich bei grösserem Gehalt an Sauerstoff und Wasserstoff keineswegs immer auf ungares Brennen zu schliessen ist; weisen doch gargebrannte Koks häufig 8—9 % H + O in aschenfreier Substanz auf. In ersterem Falle behält der Koks auch meist eine dunkle Graphitfarbe. Die Ofentemperatur ist dabei ohne Zweifel zu niedrig verblieben oder die Garungszeit nicht innegehalten worden.

Bei Koks aus magerer Kohle zeigen sich vielfach Querrisse, besonders bei forcirtem Ofengange. Es fällt dann, ähnlich dem Gaskoks, viel Knabbelkoks. Bei sehr fetter Kohle und bei sehr ungleichmässigem Kokskohlenkorn sind die Innenspalten des Kokskuchens, insbesondere an isolirten Stellen, vielfach schön geperlt; auch treten an solchen Stellen häufig die sogenannten Kokshaare auf. Letztere sind — nach Wedding — der bei hoher Temperatur aus kohlenstoffreichen Kohlenwasserstoffen abgeschiedene Kohlenstoff ($C_2H_4 = C + CH_4$), — nach Muck — feste Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff (vergl. S. 55).

Der Koks kann klein und grossstückig ausfallen, und zwar hängt dies von der Kohlensatzhöhe und vom Heizgrad ab. Zu grosse Satzhöhe erzeugt viel kleinstückigen Koks, zu kleine Satzhöhe ebenfalls und nur wenig Ausbringen an Stängelkoks, welch' letzteren der Hüttenmann verlangt. Erfahrungsmässig macht man in Saarbrücken die Satzhöhe 1,20 m, wenn die Ofenbreite 1,20 m beträgt, und 0,85 m bei 0,90 Ofenbreite. Je intensiver ferner die

Ofenheizung ist, desto häufiger treten die Spaltungsflächen auf, und desto kleinstückiger wird der Koks. Um grossstückigen Koks zu erzielen, darf man daher die Temperatur nicht über eine gewisse zulässige Grenze erhöhen. Starker Zug, kalter Luftzutritt und dementsprechender scharfer Abbrand veranlassen ebenfalls das Reissen und Bröckeln des Koks beim Erkalten. Man pflegt dem Löschraum eine schwache Neigung zu geben und ihn mit gutem Plattenbelag oder glattem Pflaster zu versehen, damit beim Herausdrücken des Kokskuchens ein zu frühzeitiges Auseinanderfallen desselben erhöht wird.

Ofenkoks besitzt grössere Stückform, als Gaskoks. Die Grösse des letzteren ist bedingt durch den Radius der Gasretorte, denn da die Retorte von allen Seiten befeuert wird, die Verkokung sonach von der Peripherie zur Mitte geht, kann kein Koksstück grösser, resp. länger sein, als der Radius der Gasretorte. Des weiteren spielt auch noch das ungleichmässige und meist grossstückige Korn der Gaskohle mit — es wird zumeist Förderkohle (Brocken und Grus durcheinander) in die Retorte gebracht —, ferner die geringe Garungszeit und der rasche Gang der Entgasung. Man wartet nicht ab, bis alles Gas (das letzte Gas ist sehr schlechtes Leuchtgas, höchstens Heizgas) entwichen ist, sondern zieht nach gewisser Zeit den noch gashaltigen Kokskuchen aus der Retorte heraus und löscht. Die rasche Erkaltung und die innewohnenden Gase gegensätzlich führen zu Rissen. Jedoch ist Gaskoks je nach der Qualität der Kohle in verschiedenem Grade bröcklig; man hat in den letzten Jahren auf den Gasanstalten sogar Brechwerke zum Brechen des Gaskoks nach bestimmten Korngrössen angelegt.

An den beiden Stirnseiten des Ofens — um wieder auf Ofenkoks zurückzukommen — wo sich die Thüren befinden, bildet sich auf dem festen Koks mehr oder minder ein leicht zerreiblicher, schaumiger Ueberzug. Solcher Koksschaum entsteht durch die Aufblähung von Kohlentheilchen, deren Verkokungsprocess zufolge Abkühlung an den Thüren nicht zu Ende gelangt ist. Es ist daher zweckmässig, nach den beiden Thüren, als den kältesten Theilen des Ofens hin die Füllung abzuböschen. Diese leicht zerreibliche und zerbröckelnde Beigabe des festen Kokskuchens beträgt indess nur wenige Gewichtsprocente. Unter normalen Verhältnissen darf gut gebrannter Koks nur ein Koksklein von 4—6 % aufweisen, besonders gilt dies für Giessereikoks.

Koks aus Oefen mit Gewinnung der Nebenprodukte weist bis 8 % schwammige Stücke auf, die stets auf den Kokereien zurückgehalten werden müssen. Besonders häufig zeigen sie sich an der obersten Schicht und an den Thüren, weil dort die Gase am schnellsten herausgesaugt werden.

Die Farbe des Koks ist zuweilen schwarz und glanzlos, bald hellgrau und von lebhaftem Metall- oder Silberglanz, zuweilen endlich in den Farben des Regenbogens spielend, letzteres kommt besonders bei Koks aus Theeröfen vor, weniger häufig und in geringerem Grade auch bei gewöhnlichem Koks, es wird aber nicht gerne gesehen, da es auf hohen Schwefelgehalt hindeutet. (Vergl. S. 71.)

Guter Koks soll silberweiss bis hellgrau aussehen, doch haben gepulverte Koksarten stets ein dunkelgraues bis schwarzes Aussehen. Bei gewaschenem Koks ist die Farbe gleichmässiger Natur, bei ungewaschenem hingegen mit mehr oder minder schmutzig-farbigen Strichen durchsetzt. Vielfach ist auch an der Oberfläche des Kokskuchens die Asche durch den Abbrand der kohligen Bestandtheile weiss gebrannt. Koks mit Anthracitzusatz zeigt stets hellglänzende Plättchen, welche aus reinem Kohlenstoff bestehen.

Bei Gaskoks und Koks aus Oefen mit Gewinnung der Nebenprodukte fehlt der Silberglanz; beide Koksarten besitzen meistens eine sehr dunkele Farbe. Es rührt dies von der Kohlenstoffabscheidung aus den sehr kohlenstoffreichen Destillationsprodukten her. In Oefen ohne Gewinnung der Nebenprodukte dringt immer Luft ein, welche diese Abscheidung von Kohlenstoff verhindert. Daher erklärt es sich auch, weshalb Rundofenkoks eine so silberhelle Farbe aufweist.

Aus der Farbe des Koks auf seine Güte zu schliessen, ist mithin keinesfalls immer thunlich, wie denn z. B. westfälischer Coppée-Koks in chemischer und physikalischer Hinsicht ein ebenso trefflicher Hochofenkoks ist, als der Rundofenkoks, obwohl er den hohen Silberglanz, der das Auge bestrickt, nicht besitzt.

Bleibt der gar gebrannte Kokskuchen in der zu Ende der Garung vorhandenen Ofentemperatur noch eine Zeit lang, so trägt dieses Verweilen dazu bei, dem Koks Metallglanz zu verleihen, bzw. denselben zu erhöhen. Andererseits hängt das Aussehen des Koks von der Beschaffenheit des Löschwassers ab. Ist dasselbe schmutzig, so lösen sich die festen Bestandtheile des Wassers auf, setzen sich auf den weissen Flächen des Koks ab und geben ihm eine schlechtes,

schmutziges Aussehen, besonders wenn man mit dickem Strahl löscht. Je reiner das Löschwasser ist, um so mehr Glanz und hellere Farbe behält der Koks. Auf den westfälischen Zechen wird meist eine Mischung von reinem Mergel- oder Ruhrwasserleitungswasser mit Grubenwasser, welches vorher geklärt ist, oder aber zweckdienlicher nur ersteres allein zum Löschen benutzt.

Soll viel auf das Aussehen des Koks ankommen so löscht man am besten unter einer Decke in einem vor dem Ofen angelegten, stadelartigen Raume. Durch Löschen im Ofen selbst behält der Koks zwar seine metallglänzende, glatte Oberfläche, zugleich findet hierbei auch Verlust von Kohlenstoff statt, indem der Wasserdampf zerlegt:



$$C_2 + 2H_2O = CH_4 + CO_2.$$ (Vergleiche S. 67.)

Die Oberfläche des Kokskuchens ist gewöhnlich rauh, jedoch öfters wird — abgesehen von dem im Ofen gelöschten Koks — die an der Ofenwand gelagerte Masse der Beschickung glatt und verglaset und gewinnt graphitartiges Aussehen.

Man spricht im Besonderen noch von haarförmigem, strahlenförmigem, tropfstein- und würfelförmigem Koks.

Guter Koks muss einen metallenen Klang haben; dumpfer, schwerer Klang zeugt nicht von besonderer Güte.

---

## Viertes Kapitel.

# Chemische Zusammensetzung des Koks.

---

Gemeiniglich sieht man Koks nur als mit Mineralstoffen verunreinigten Kohlenstoff an; das ist jedoch unzutreffend, denn ausser Kohlenstoff und Asche enthält Koks Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und organischen Schwefel.

Nachstehend folgen Analysen verschieden zusammengesetzter Koks.

Analysen europäischer Koksmarken.

| Herkunft | Kohlenstoff | Asche | Schwefel | Wasserstoff | Sauerstoff | Stickstoff | Analytiker |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Deutschland:[1]) | | | | | | | |
| 1. Westfalen | 85,060 | 6,400 | | 0,860 | 7,680 | — | Dr. Muck |
| 2. - | 91,772 | 6,933 | | 1,255 | 0,040 | — | - |
| 3. - | 83,487 | 10,309 | | 0,737 | 5,467 | — | - |
| 4. Saar | 86,460 | 8,540 | | 1,980 | 3,020 | — | - |
| Belgien:[2]) | | | | | | | |
| 5. Seraing | 80,850 | 16,510 | | 0,510 | 2,130 | — | J. L. Bell |
| 6. Mons basin | 91,300 | 6,200 | — | 0,330 | 2,170 | | M. de Marsilly |
| 7. - | 91,590 | 5,890 | — | 0,470 | 2,050 | | - |
| England:[2]) | | | | | | | |
| 8. Durham | 93,150 | 3,950 | — | 0,720 | 0,900 | 1,280 | Richardson |
| 9. - | 91,580 | 6,860 | | 0,230 | 1,310 | — | J. L. Bell |
| 10. - | 91,490 | 6,320 | | 0,460 | 1,730 | — | - |
| 11. - | 92,980 | 4,610 | | 0,300 | 2,110 | — | - |
| 12. — | 92,000 | 0,700 | | 0,200 | 7,300 | — | Baer |
| 13. — | 93,040 | 5,090 | | 0,260 | 1,610 | — | - |
| 14. — | 84,360 | 9,150 | | 0,187 | 0,303 | — | J. Percy. |

---

[1]) Muck, Steinkohlenchemie.

[2]) Weeks (l. cit.).

## Analysen aussereuropäischer Koksmarken.

| Herkunft | Kohlenstoff | Asche | Schwefel | Feuchtigkeit | flüchtige Stoffe | spec. Gew. | Analytiker |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Australien:[1] | | | | | | | |
| 15. Neu-Süd-Wales | 88,086 | 10,456 | 0,594 | 0,538 | 0,328 | 1,311 | C. H. Mingaye |
| 16. - | 90,880 | 7,930 | 0,420 | 0,310 | 0,460 | 1,339 | - |
| 17. - | 84,210 | 14,050 | 0,508 | 0,698 | 0,525 | — | - |
| Amerika:[2] | | | | | | | |
| Pennsylvania: | | | | | | | |
| 18. Connellsville | 89,576 | 9,113 | 0,821 | 0,300 | 0,460 | nicht bestimmt | Mc. Creath |
| 19. - | 89,150 | 9,650 | 1,200 | — | — | - | B. Crowther |
| 20. Irwin's | 88,240 | 9,414 | 0,962 | — | 1,384 | - | Carnegie Bros & Co. |
| 21. Allegheny mountains | 87,580 | 11,360 | 1,060 | — | — | - | Mc. Creath |
| 22. Blossburg | 84,760 | 13,345 | 0,998 | 0,175 | 0,722 | - | - |
| 23. Allegheny River | 85,777 | 11,463 | 2,107 | 0,330 | 0,623 | - | - |
| 24. Beaver county | 84,727 | 12,636 | 1,994 | 0,100 | 0,633 | - | - |
| West-Virginia: | | | | | | | |
| 25. New-River | 93,850 | 5,850 | 0,300 | — | — | - | J. B. Britton |
| 26. - | 92,180 | 6,680 | 0,618 | 0,110 | — | - | - |
| 27. - | 93,000 | 6,730 | 0,270 | — | — | - | C. E. Dwight |
| 28. - | 92,220 | 7,530 | 0,910 | — | — | - | - |
| Ohio: | | | | | | | |
| 29. Leetonia | 93,750 | 5,380 | 0,870 | — | — | - | Prof. Wormley |
| 30. Steubenville | 90,630 | 8,380 | 0,270 | — | — | - | Dr. Wuth |
| Tennessee: | | | | | | | |
| 31. Tracy City | 83,364 | 15,440 | 0,142 | — | — | - | Land |
| 32. Whitesides | 94,560 | 4,650 | 0,790 | — | — | - | Etna Coal Comp. |
| 33. Rockwood | 84,187 | 14,141 | 0,182 | — | — | - | Land |
| Alabama: | | | | | | | |
| 34. Warrior Field | 88,224 | 11,315 | 0,563 | 0,362 | 0,990 | - | Prof. Mc. Calley |
| 35. Cahaba Field | 84,035 | 15,216 | 0,445 | 0,683 | 0,660 | - | - |
| Illinois: | | | | | | | |
| 36. Big Muddy | 88,180 | 10,070 | 0,610 | — | 0,930 | - | T. M. Williamson |
| Colorado: | | | | | | | |
| 37. El Moro | 87,470 | 10,680 | 0,850 | 1,85 | | - | - |
| 38. Crested Buttes | 92,030 | 6,620 | — | 1,35 | | - | - |

Kohlenstoff. Der Kohlenstoff des Koks besteht hauptsächlich 1. aus dem direkt von der Steinkohle verbleibenden Kohlenstoff, ferner

[1]) Bericht der geologischen Abtheilung, Bergwerksamt Sidney vom 18. 9. 1890.

[2]) Weeks (l. cit.).

2. aus dem Kohlenstoff, der sich aus Kohlenwasserstoffen durch die hohe Temperatur abgeschieden hat, und endlich

3. aus nicht vollständig verkohlten Destillationsprodukten.

Berücksichtigt man diese Quellen des im Koks enthaltenen Kohlenstoffs, so lässt sich die verschiedenartige Zusammensetzung der oben mitgetheilten Koks leicht erklären. Für westfälische Koks beträgt der Kohlenstoffgehalt in der Regel 95—98% in aschenfreier Substanz; jedoch kommen auch geringere Karbongehalte vor bis zu 90% (vergl. Tabelle I).

Da bei der Verkokung vorwiegend Wasserstoff und Sauerstoff austreten, aber verhältnissmässig nur wenig Kohlenstoff, so bleibt der Koks natürlich reicher an jenem und ärmer an ersteren, als die zu seiner Herstellung verwandte Steinkohle, sodass also die Heizkraft bedeutend erhöht wird. Vergleichsweise weist aschenfreie Kokskohle im Mittel nur 82—84% Kohlenstoff auf, also 10% weniger als Koks.

Wasserstoff und Sauerstoff. Der Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt des Koks findet seine Ursache in dem Umstande, dass der Koks im Koksofen nicht vollständig entgast, sondern nicht unbedeutende Mengen von Gasen zurückhält, namentlich von Wasserstoff. Je länger die Verkokung dauert, und bei je höherer Temperatur sie vor sich geht, um so freier von Wasserstoff und Sauerstoff wird der Koks, wenn man auch stets mit diesen Gasen noch rechnen muss. So gelang es John Parry[1]), selbst nach dem Glühen im Sefström'schen Ofen, dem Koks noch mit der Luftpumpe Gas zu entziehen. 20 g Koks gaben, unter diesen Verhältnissen erhitzt, nach:

| | | | $CO_2$ | O | H | CO | $CH_4$ | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 2½ Std. | 301,5 ccm Gas | | | | | | |
| | von der Zusammensetzung | | 22,80 | 0,00 | 50,00 | 13,49 | 13,80 | 0,00 |
| 2. | 7 Std. | 586,0 ccm | 3,10 | — | 93,45 | 3,30 | — | — |
| 3. | 1½ - | 65,60 - | 5,72 | — | 89,13 | 5,15 | — | — |
| 4. | 1½ - | 80,00 - | 4,81 | — | 90,09 | 5,11 | — | — |
| 5. | 1 - | 62,50 - | 9,65 | — | 89,05 | 0,70 | — | — |
| 6. | 1 - | 21,60 - | 9,38 | — | 81,20 | 8,20 | — | 1,215 |

Bei drei in physikalischer Hinsicht verschiedenen Koksproben fand Parry folgende Ergebnisse:

---

[1]) Chem. News *25*, 98; Dingler, pol. J. *204*, 470; Muck, Steinkohlenchemie S. 153.

1. Harter, gut gebrannter Koks; 20 g, zwei Stunden unter Sprengel's Luftpumpe behandelt, gaben 79,2 ccm Gas von folgender procentischer Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Kohlensäure | 85,720 |
| Kohlenoxyd | 8,590 |
| Wasserstoff | 5,680 |
| Stickstoff | 0,000 |

2. Harter Koks, aus einem Gemenge von verschiedenen Steinkohlensorten erhalten, gab bei zweistündigem Erhitzen unter der Luftpumpe 42,4 ccm Gas, welches in Procenten enthielt:

| | |
|---|---|
| Kohlensäure | 57,413 |
| Kohlenoxyd | 28,562 |
| Wasserstoff + Stickstoff (beide zugegen, ersterer durch Explosion nachgewiesen, jedoch von letzterem nicht getrennt.) | 14,025 |

Analyse dieser Koksprobe:

| | |
|---|---|
| Asche | 12,100 |
| Schwefel | 1,400 |
| Verlust bei Rothglühhitze | 1,500 |
| Verlust unter der Sprengel'schen Luftpumpe | 0,586 |
| Kohlenstoff (durch Differenz bestimmt) | 84,414 |

3. Gewöhnlicher Koks, welcher einige Zeit an freier Luft gelegen; schlecht verkokte Probe; 20 g, zwei Stunden unter der Sprengel'schen Luftpumpe, ergaben 91,7 ccm Gas, welches enthielt:

| | |
|---|---|
| Kohlensäure | 39,020 |
| Kohlenoxyd | 7,673 |
| Wasserstoff | 53,317 |
| Grubengas ($CH_4$) | Spuren |
| Stickstoff | 0,000 |

Analyse dieser Probe:

| | |
|---|---|
| Asche | 14,000 |
| Schwefel | 1,370 |
| Verlust bei Rothglühhitze | 4,820 |
| Verlust unter der Sprengel'schen Luftpumpe | 1,000 |
| Kohlenstoff (durch Differenz bestimmt) | 78,810 |

Bei weichem Koks (weake coke) zeigte sich beständig das grösste Verhältniss von Wasserstoff, dagegen kein Stickstoff oder nur eine geringe Menge desselben enthalten.

Parry hält den vom Koks zurückgehaltenen Wasserstoff für okkludirt, geradeso, wie die von weissem Roheisen eingeschlossenen Gase. Muck führt jedoch Wasserstoff und Sauerstoff auf das Vorhandensein feuerbeständiger fester Kohlenstoffverbindungen zurück und stützt sich hierbei auf die Zusammensetzung der Kokshaare. Dieselben bestehen nach B. Platz aus

95,729 C
0,384 H
3,877 O und
0,715 überschüssigem O.

Da die Kokshaare keine Asche enthalten, sind sie unzweifelhaft etwas anderes, als die übrige Koksmasse, nämlich der Verkohlungsrückstand von theerartigen Destillationsprodukten. Die Zusammensetzung gleicht auch der des harten Theerpechs (Muck).

Dr. Thörner („Stahl und Eisen“ 1886, No. 2, S. 71 ff.) beschäftigte sich ebenfalls mit den im Koks zurückgehaltenen Gasen. Thörner trocknete linsenkorngrosse Koks- und Holzkohlenproben bei 140 bis 150° C., sodass das hygroskopische Wasser verflüchtigt wurde. Von diesen Proben wurden gleiche Mengen — ca. 1,00 g Koks und 0,50 g Holzkohle — in einem eigens konstruirten Apparat (abgebildet l. cit. S. 78) genau 30 Minuten lang in einem reinen, getrockneten Wasserstoffstrom auf Weissgluth erhitzt, wobei natürlich jede oxydirende Wirkung ausgeschlossen war. Bei diesen Versuchen beobachtete Thörner mehr oder minder grosse Verluste — bei Koks im Mittel 1,34% —, die nur durch Entweichen in Poren abgeschlossener Gase entstanden sein konnten, wie denn auch Thörner erhebliche Mengen von Kohlenwasserstoffen im Koks, und bei Holzkohle auch noch Kohlensäure und Kohlenoxyd ermittelte.

J. L. Bell („Stahl und Eisen“ 1885, S. 300) stellte bei einer Temperatur von ca. 510° C. ebenfalls Gewichtsabnahme fest, die nur auf den Verlust an flüchtigen Substanzen zurückzuführen sind. Bell erhielt folgende Zahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Koks aus Bienenkorböfen | 1,41% | Verlust |
| 2. | - - - | 1,41% | - |
| 3. | - - - | 1,41% | - |
| 4. | - - Simon-Carvès-Oefen | 2,40% | - |

Es ist hiernach ersichtlich — zumal beim Verkokungsprocess eine mindestens ebenso hohe Temperatur herrscht, wie bei den Thörner'schen und Bell'schen Versuchen —, dass Muck's Verwerfung der Parry'schen Ansicht, dass Wasserstoff und Sauerstoff okkludirt seien, durchgreifende Gültigkeit nicht beanspruchen kann. Vielmehr folgt, dass Wasserstoff und Sauerstoff im Koks in zweierlei Form zurückgehalten werden:

1. in Form feuerbeständiger fester Kohlenstoffverbindungen,
2. in Form von Kohlenwasserstoffen, welche in den Poren eingeschlossen sind.

Die in den Poren zurückbleibenden Gase können sich nach Thörner wegen ihrer geringen Spannung keinen Ausweg aus dem zusammengebackenen Kokskuchen im Innern des Ofens verschaffen, was natürlich bei dem auf Linsenkorngrösse zerkleinerten Versuchsmaterial nicht auf Schwierigkeiten stösst. Der weiteren Ansicht Thörner's, dass „die Poren in der in Reaktion begriffenen, wachsweichen Koksmasse noch wesentlich grösser seien und sich erst später beim Erkalten zusammenzögen" kann nicht beigetreten werden (vergl. S. 44.)

Nachstehende Tabelle giebt die bei den Thörner'schen Versuchen ermittelten Verluste an:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Retortenkoks | 0,25% | Verlust. |
| 2. | Dannenbaum ab Bochum | 0,75% | - |
| 3. | Gewöhnlicher Coppée-Koks, Köln-Müsener Verein | 1,13% | - |
| 4. | Gepresster Koks, Köln-Müsener Verein | 1,15% | - |
| 5. | Gepresster Koks, Köln-Müsener Verein | 1,40% | - |
| 6. | Koks von Karlsglück und Planetenfeld, Dortmunderfeld | 1,55% | - |
| 7. | Koks von Maassener Tiefbau, Zeche Maasen | 1,70% | - |
| 8. | Koks von Westhausen ab Bodelschwingh | 1,70% | - |
| 9. | Buchenkohle | 11,80% | - |
| 10. | Eichenkohle | 13,20% | - |
| 11. | Birkenkohle | 13,20% | - |
| 12. | Fichtenkohle | 17,90% | - |
| 13. | Meilerkoks | 29,70% | - |

Diese Gewichtsabnahme erscheint beim Gasretortenkoks am geringsten und beim Meilerkoks am grössten. Je vollständigere

Entgasung stattfindet, desto geringer wird der Verlust. Es leuchtet daher ein, dass bei Theerkoks, wo die Entweichung der Gase künstlich durch Exhaustoren unterstützt wird, die eingeschlossenen Gase in bedeutend geringerem Maasse vorhanden sind, als bei Coppée-Koks.

Von hohem Interesse erscheint der folgende Satz, mit dem Thörner seine Ausführungen schliesst:

> „Sehr beachtenswerth ist nach diesen Untersuchungen die Thatsache, dass gerade diejenigen Brennmaterialien, welche bekanntermaassen im Hochofenprocess die besten Reduktionswirkungen ausüben, Holzkohlen und Meilerkoks, auch die grössten Quantitäten dieser leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe oder Zersetzungsprodukte überhaupt aufweisen."

Was den Wasserstoffgehalt des Koks anbetrifft, so entwickelt nur der freie Wasserstoff Wärme, wohingegen der gebundene Wasserstoff sich geradeso verhalten wird, als ob er bereits mit der ihm entsprechenden Menge Sauerstoff zu Wasser verbunden wäre. Dieses Wasser nennt man „chemisches" Wasser, zum Unterschied von dem hygroskopischen. Der gebundene Wasserstoff liefert hiernach nicht nur keine Wärme, sondern verbraucht sogar einen Theil der von dem Kohlenstoff entwickelten Wärme.

Nicht minder bleibt der Sauerstoffgehalt des Koks in Betracht zu ziehen, weil beim Hochofenprocess, wo es sich um die Verbindung des Sauerstoffs der Erze mit dem Kohlenstoff des aus Koks erzeugten Kohlenoxyds handelt, der Heizwerth eines viel Sauerstoff enthaltenden Koks sich verringert. In Folge dessen erzielt selbst ein sehr aschenreiner Koks einen geringeren Heizeffekt, sobald er einen entsprechend höheren Gehalt an Sauerstoff und Wasser aufweist, da hierdurch nicht nur der Procentgehalt an Kohlenstoff herabgemindert, sondern auch noch Wärme verzehrt wird.

Bei westfälischem Koks schwankt der Gehalt des im Koks zurückgehaltenen Wasserstoffs von 0,2 bis fast 2% — englische Koks zeigten weniger — und der Sauerstoff ist in Form von Spuren bis zu einem Gehalt von ca. 8% nachgewiesen.

Hygroskopisches Wasser. Koks ist sehr wenig hygroskopisch, bedeutend weniger als Holzkohle; schon einige Procent Wasser, wie sie durch das Löschen oder durch Regen hineingelangen, machen den Koks sehr fühlbar nass. Dieses Wasser sitzt in den Poren des Koks und verdunstet beim Zerschlagen desselben in kleine Stücke äusserst rasch bis auf geringe Bruchtheile eines Procents.

Völlig trockner Koks absorbirt aus mit Feuchtigkeit gesättigter Luft nicht mehr als 1—2% Wasser.

Der Gehalt an hygroskopischem Wasser wächst mit der Grösse der Poren, weniger mit der Anzahl der Poren. Dichter Koks hat stets weniger Nässegehalt, als poröser; doch hat letzterer übrigens höchstens 1% Wasser mehr, als dichter Koks.

Der ungleichartigen Porösität der einzelnen Theile des Kokskuchens entspricht natürlich sehr verschiedene Wasseraufnahmefähigkeit. So ist der Nässegehalt am Kopfende des Koks bedeutend höher, als gegen die Mitte des Kokskuchens (bei Coppée-Koks). Verfasser stellte bei zwei verschiedenen Koksmarken am Kopfende ca. 6% $H_2O$ und in der Mitte nur 0,25% $H_2O$ fest.

Nachstehend folgen die genaueren Zahlen:

| | I. | | II. | |
|---|---|---|---|---|
| Kopfende | 5,92% | Feuchtigkeit | 5,41% | Feuchtigkeit. |
| | 5,49% | - | 4,78% | - |
| | 0,30% | - | 0,42% | - |
| | 0,23% | - | 0,26% | - |

Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, ist beim Probenehmen der Koks hierauf genau Acht zu geben. Zur Bestimmung[1]) des Wassergehaltes im Koks siehe u. a. W. Thörner, Stahl und Eisen, 1888, S. 591.

Der Wassergehalt des Koks ist von grosser Wichtigkeit. Marktgängige Waare soll einen Nässegehalt von 4% nicht überschreiten, man wird jedoch nicht fehl gehen, wenn man einen durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von 5—6% annimmt. Höhere Zahlen sind Ausnahmen. Rundofenkoks mit meist glatter Oberfläche nimmt am wenigsten Wasser auf — zufolge der eingeschlossenen Gase und seiner glatten Aussenfläche schwimmt derselbe auf dem Wasser.

Das hygroskopische Wasser wird im Hochofen ohne eine weitere Zersetzung des Brennstoffes bei ca. 100° entfernt. Durch die Verdampfung desselben wird ein Theil der Wärme latent, der Heizwerth somit verringert, und zwar nimmt der tägliche Koksverbrauch mit jedem Procent Wasser im Koks mehr oder weniger um 0,125 t zu oder ab. (Vergl. Lürmann, Stahl und Eisen, 1884, No. 5.) Sonach muss möglichst viel auf die Trockenheit des Koks gesehen werden.

---

[1]) Von einer ausführlichen Angabe der einzelnen Bestimmungsmethoden, nebst Kritik derselben, ist durchweg abgesehen worden; es muss lediglich auf die zahlreich vorhandene Litteratur hingewiesen werden. Vergl. S. 32.

In Folge dessen bleibt auch auf sparsames Löschen des Koks zu achten. Sehr viel kommt vor allem auf die Art und Weise des Löschens an. Beim Löschen mit dickem Wasserstrahl wird der Koks feuchter, als beim Löschen durch Brausen oder von oben herab. Der Koksbrenner löscht so lange, bis der Koks bei Tage nicht mehr glühend erscheint; da das Glühen jedoch bei nachtzeitiger Löschung länger sichtbar ist, so findet dort leicht ein übermässig grosser Verbrauch von Löschwasser statt, sodass dieser Koks feuchter wird, als bei Tage gelöschter (Muck). Pro Tonne Koks rechnet man gewöhnlich 1 cbm Wasser zum Löschen.

Stickstoff. Der Stickstoffgehalt der Kohle stammt wesentlich aus der später hinzugetretenen Luft, ferner von den zum Theil der Zersetzung entgangenen stickstoffhaltigen Begleitern des Zellstoffes (den eiweissartigen Stoffen oder Proteïnkörpern) her, zum Theil auch von nachweislich vorhandenen thierischen Resten.

Der Stickstoff ist in der Steinkohle von 0,4—2,49% vorhanden.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kohle aus | Westfalen | zeigt | 0,84—1,77% | N |
| - - | Oberschlesien | - | 2,49% | - |
| - - | Ostrau | - | 0,90—1,76% | - |
| - - | England | - | 1,14—2,37% | - |
| - - | Nordamerika | - | 1,20—2% | - . |

Die Kohle enthält gemeiniglich umsomehr Stickstoff, als sie flüchtige Bestandtheile und besonders Sauerstoff enthält. Professor Andrews fand bei einer Ohio-Kohle verhältnissmässig viel Stickstoff; die Analyse der Kohle hatte folgende Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 76% |
| Wasserstoff | 5,75% |
| Wasser | 5,25% |
| Sauerstoff | 9,53% |
| Stickstoff | 2,15% |
| Schwefel | 0,75% |
| Asche | 5,80%. (Vergl. S. 35 No. 19.) |

Im französisch-belgischen Bezirk sinkt nach Rossigneux[1]) bei halbfetten Kohlen und namentlich bei mageren der Stickstoffgehalt bis

[1]) Rossigneux, Ueber Koksfabrikation, Bull. de la soc. de l'ind. minérale 1891, S. 387.

auf 0,7 % und selbst bis auf 4,4 %; in England verhält es sich anders, dort enthält die Magerkohle von Wolverhampton 1,84 % N.

Beim Stickstoff der Kohle unterscheidet man zwischen dem Kohlen- und dem Ammoniakstickstoff; ersterer bleibt im Koks zurück, letzterer betheiligt sich an der Ammoniakbildung.

Was den Kohlenstickstoff anbelangt, so wies Dr. Knublauch („Stahl u. Eisen“ 1885 No. 8) nach, dass 31—36 % des Gesammtstickstoffgehaltes im Koks zurückbleiben, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

| | Kohle N-Gehalt | Koks N-Gehalt | Vom N-Gehalt auf das entsprechende Gewicht Kohle | Von N der Kohle im Koks |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 1,612 | 0,737 | 0,508 | 31,5 |
| 2. | 1,555 | 0,677 | 0,480 | 30,9 |
| 3. | 1,479 | 0,774 | 0,532 | 36,0 |

Ausser diesen 31—36 % im Koks fanden sich vom Stickstoffgehalt der Kohle 10—14 % im Ammoniak, 1,5—2 % im Ferrocyan, 1,00—3 % im Theer, während der Rest als freier Stickstoff den Gasen beigemengt war.

Bezüglich des freien Stickstoffs sei auf nachstehende Versuche Schondorff's verwiesen, der die Ofen- und Schornsteingase der Kokerei von Mansuy untersuchte:

| Nummer des Versuchs | $CO_2$ | CO | N | $CH_4$ |
|---|---|---|---|---|
| Mittel aus Versuchen von Ofengasen | 10,2 | 5,6 | 75,5 | 8,7 |
| Mittel aus sechs Versuchen von Schornsteingasen | 9,9 | 6,0 | 75,5 | 8,7 |

Gemeiniglich ist der Stickstoff nur in Mengen von 0,4—1,5 % im Koks vorhanden. Derselbe steht in keinem bestimmten Verhältniss zum Stickstoffgehalt der Steinkohle, da der Stickstoff aus einigen Kohlengattungen eine Verbindung mit dem Wasserstoff leichter eingeht, aus anderen wieder weniger leicht. (Jičinsky, Oesterr. Ztschr. für Berg- u. Hüttenwesen, 1888, S. 529.) Demgemäss ist auch der Stickstoffgehalt der Kohle keineswegs immer proportional dem Stickstoff des Koks oder der Ammoniakgewinnung bei der Destillation, was besonders aus No. 1 und 3 der nachstehenden Foster'schen Uebersicht hervorgeht. Foster fand Stickstoff im Koks aus

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Durham-Kohle | 48,7 % = 0,842 % des N in der Kohle | (1,730 %) |
| 2. | Yorkshire-Kohle | 62,8 - = 1,099 - - - - - - | (1,750 - ) |
| 3. | - | 65,9 - = 1,101 - - - - - - | (1,670 - ) |
| 4. | Englischer Cannel-Kohle | 52,7 - = 0,875 - - - - - - | (1,660 - ) |
| 5. | Schottischer Cannel-Kohle | 51,6 - = 0,661 - - - - - - | (1,280 - ) |

Es verbleiben hiernach also 48—66 % des Stickstoffgehaltes der Kohle im Koks. („Stahl u. Eisen“ 1885 S. 362.) Hilgenstock („Stahl u. Eisen“ 1885 S. 420) fand in silberhellem, festen Koks weniger Stickstoff, als Foster. Es zeigte:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Probe | 0,087 % | N |
| 2. | - | 0,088 - | - |
| 3. | - | 0,287 - | - |
| 4. | - | 0,227 - | - |

Der Stickstoff trennt sich nur sehr schwer vom Kohlenstoff und wird erst bei vollständiger Verbrennung des Koks frei. Die Art der Verkokung wirkt bestimmend auf die Menge des im Koks enthaltenen Stickstoffs ein. So erhielt Watson Smith (Journ. Chem. Soc. *257*, 144, auch Chemiker-Ztg. *36*, 635), der drei Arten Koks auf ihren Stickstoffgehalt untersuchte, folgende Resultate:

| Kokssorte | % N |
|---|---|
| Gewöhnlicher Gasretortenkoks | 1,375 |
| Ofenkoks aus Bienenkorboefen | 0,511 |
| - - Simon-Carvès-Oefen | 0,384 |

Hieraus folgt, dass die starke Hitze von kurzer Dauer in den Gasretorten für die Zersetzung gewisser, sehr stabiler Stickstoffverbindungen der Kohle weniger wirksam ist, als die etwa gleich hohe, aber lang anhaltende Temperatur des Simon-Carvès-Ofens. Nach J. Parry (l. cit.) enthält harter Koks stets mehr Stickstoff, als weicher. (Vergleiche S. 55.)

Der Stickstoff des Koks wirkt nachtheilig im Hochofen, da er die wirksamen Gase verdünnt und dadurch die Reduktion hindert; er findet sich in den Hochofengasen als Ammoniak wieder. Bei der Sodafabrikation ist der Gehalt an Stickstoff insofern von Bedeutung, als aus demselben Cyanverbindungen hervorgehen.

Die Bestimmung des Stickstoffs im Koks geschieht am besten nach der Methode von Sigismund Schmitz („Stahl und Eisen“ 1886,

S. 47) Vergleiche auch G. St. Johnson und A. Eilvart (Chemic. News, *53* S. 76).

Asche. Beim Verkoken bleiben die erdigen und überhaupt alle nicht flüchtigen Stoffe zurück; den Rückstand nennt man Asche. Es vermehrt sich hiernach der Aschengehalt entsprechend der Koksausbeute. 75 % Ausbringen erfordern rund 140 Kohle. Kokskohle mit 6 % Asche giebt also Koks mit 6 . 1,40 = 8,40 % Asche; 6—7 % Asche in der Kohle erzielt · 8,40—9,80 % Asche im Koks, im Mittel 9 %, ein Aschengehalt, den guter Koks nicht übersteigen soll.

Im Durchschnitt weist in Westfalen gewaschener Koks 7—10 % Asche auf; halbgewaschener Koks hat 9—12 % und ungewaschener Koks 12 und mehr Procent Asche.

In Belgien wird der grösste Theil des dortigen Koks noch aus gesiebten Kokskohlen hergestellt; der Aschengehalt dieser gesiebten Kokskohle beträgt 12—15 %, sodass der Aschengehalt des daraus hergestellten Koks oft bis 17 % steigt. Man ist daher zu Mischungen mit gewaschener Kohle genöthigt, welche 5—7 % Asche aufweist. Insbesondere hat in Belgien Coke lavé bis 9 % Asche, demi lavé bis 15 % Asche + Wasser und ordinaire über 15 % Asche + Wasser, letzteres zu 3 % angenommen.

Was amerikanischen Koks[1]) anbelangt, so zeigten eine grosse Anzahl Connellsville-Koksanalysen — aus 150 000 t — einen Aschengehalt innerhalb der Grenzen von 9,11—10,91 %. 9,75 % kann daher als der mittlere Aschengehalt in gutem Connelsville-Koks angesehen werden. Nachstehende Tabelle veranschaulicht den Aschengehalt amerikanischer Kohlen und Koks:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Connellsville (Pa.) | 8,233 % in der Kohle, | 9,113 % im Koks |
| 2. | Allegheny Mountain (Pa.) | 6,930 - - - - | 11,360 - - - |
| 3. | - River (Pa.) | 7,340 - - - - | 11,463 - - - |
| 4. | New River (West-Virginia) | 4,680 - - - - | 5,850 - - - |
| 5. | Leetonia (Ohio) | 1,800 - - - - | 5,380 - - - |
| 6. | Tracy City (Tennessee) | 7,800 - - - - | 15,440 - - - |
| 7. | Warrior Field (Alabama) | 5,416 - - - - | 11,315 - - - |
| 8. | Big Muddy (Illinois) | 1,810 - - - - | 10,070 - - - |
| 9. | Crested Buttes (Colorado) | 3,100 - - - - | 6,620 - - - |

Die einzelnen Koksstücke sind an Fuss- und Kopfschicht in Folge von Abbrand nicht unerheblich aschenreicher, als die Mittel-

[1]) Siehe auch S. 24.

schicht, ein Umstand, der beim Probenehmen sehr wohl zu beachten ist. Verfasser stellte bei zwei Koksproben nachstehendes Fallen des Aschengehaltes vom Kopfende zur Mitte fest.

| I. | II. |
|---|---|
| 8,91 % | 10,54 % |
| 8,17 - | 8,85 - |
| 7,69 - | 8,63 - |
| 6,94 - | 8,55 - |

Die Hauptbeziehung der Asche zum Werth des Koks besteht in ihrer Herabminderung des Kohlenstoffgehaltes des Koks, d. h. des Heizwerthes. Beim Hochofenprocess verlangt die Asche ein ihr gleiches Volumen Kalkstein zum Verschlacken, und zum Niederschmelzen der so aus der Asche erhaltenen Schlacke gehört mindestens ein Viertel des Aschengewichtes reiner Brennstoff; ferner ist noch ein Aufwand von Wind, Dampf und — Zeit erforderlich.

Nach Lürmann (l. cit.) nimmt der tägliche Koksverbrauch beim Hochofenbetrieb mit jedem Procent Asche mehr oder weniger um 0,5 t zu oder ab. Hochofenkoks muss also möglichst aschenfrei sein.

Handelt es sich nur um eine möglichst vollständige Ausnutzung der erzeugten Wärme bei verhältnissmässig niedriger Temperatur z. B. bei Heizung von Trockenräumen, bei Abdampfungen etc., so bleibt die Asche als Wärmemagazin anzusehen, welches die Ausnutzung günstig beeinflusst. In solchem Falle wird demnach ein aschenreicher Koks, wenn er in einem seinem Aschengehalte entsprechenden Verhältnisse billiger ist, grössere wirthschaftliche Vortheile gewähren, als ein aschenarmer, aber theurer. — Bezüglich Aschenbestimmung sei unter Anderem auf F. Stolba, Jahresbericht über d. Leistung der chem. Techn. 1888, verwiesen.

Es genügt jedoch nicht, nur den Gesammtaschengehalt zu ermitteln; die Bestandtheile der Asche können von solchem Charakter sein, dass sie auf den Schmelzgang und auf die Qualität des Eisens sowohl im Hochofen, als auch im Cupolofen einen entschieden verschlechternden Einfluss auszuüben im Stande sind.

Im Ganzen und Grossen entspricht die Koksasche der Zusammensetzung der Steinkohlenasche. Einzelne Mineralbestandtheile der Kohle verflüchtigen sich zwar bei der Verkokung, z. B. ein Theil Schwefel, das Hydratwasser der Thonsilicate etc. Manche

Stoffe bilden auch neue Verbindungen; so bleiben Calcium- und Magnesiumkarbonate zum grössten Theil als Kieselsäureverbindungen und nicht als Oxyde in der Koksasche. Als vorwiegende Bestandtheile der Koksasche findet man, wie bei der Steinkohlenasche, Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Schwefel und Phosphor, von denen Schwefel, Eisen, Phosphor und Kieselsäure die wichtigsten und einflussreichsten sind.

Die Zusammensetzung der Koksasche ist aus nachstehenden Analysen ersichtlich: Siehe nebenstehende Tabelle.

Vergleichsweise sei hier die Zusammensetzung verschiedener Steinkohlenaschen angeführt (Muck, Steinkohlen-Chemie S. 70).

| Asche aus | westfälischer Kohle | niederschlesischer Kohle | Dowlais-Kohle | Anthracit von U. S. A. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 27,365 | 31,300 | 35,730 | 53,600 |
| Thonerde | 22,552 | 8,310 | 41,110 | 36,690 |
| Eisenoxyd | 46,900 | 54,470 | 11,150 | 5,590 |
| Kalk | 2,686 | 3,440 | 2,750 | 2,860 |
| Magnesia | 0 | 1,600 | 2,650 | 1,080 |
| Kali | 0,300 | 0,070 | n. b. | n. b. |
| Natron | 0,237 | 0,290 | n. b. | n. b. |
| Schwefelsäure | Spuren | 0,520 | 0,290 | 0 (?) |
| Phosphorsäure | 0,541 | n. b. | 2,000 | 0 (?) |

---

Schwefel. Der Schwefel der Steinkohlen findet seinen Ursprung in dem hohen Schwefelgehalt der Steinkohlenpflanzen. Dieulafait[1]) fand durch Untersuchung überlebender Specien der Familien der Steinkohlenpflanzen, besonders der Equisetaceen, in denselben einen bedeutend höheren Schwefelgehalt, als die jetzt lebenden Pflanzen aufweisen.

Der Schwefel tritt in dreierlei Form in der Kohle auf und zwar in meist überwiegender Menge

1. als Schwefelkies, ferner
2. als Sulfat (Gyps) und
3. als organischer, d. h. an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebundener Schwefel.

[1]) Compt. rend. 1885; Engineering and Mining Journal t. 41 S. 264; Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1886, S. 276.

## Zusammensetzung der Koksasche.

| No. | Koks von | spec. Gew. | Asche % | $SiO_2$ % | $Fe_2O_3$ % | $Mn_2O_3$ % | $Mn_3O_4$ % | $Al_2O_3$ % | CaO % | MgO % | Na % | K % | $SO_3$ % | S % | $P_2O_5$ % | P % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.[1] | Neunkirchen, Rgbzk. Trier | — | 12 | 44,43 | 14,2 | 05 | — | 34,92 | 2,2 | 2,09 | n. b. | n. b. | — | n. b. | — | n. b. |
| 2. | Königin Marienhütte, Sachsen | — | 12 | 41,2 | 28,0 | — | 0,75 | 17,40 | 8,8 | 1,66 | - | - | — | 2,05 | — | 0,164 |
| 3. | - - Koks v. Planitz | — | 6—8 | 44,66 | 19,08 | — | 0,41 | 20,53 | 4,45 | 1,63 | - | - | — | 2,26 | — | 0,257 |
| 4. | - - - - Wilhelm-schacht | — | 12-14 | 44,60 | 18,06 | — | 0,73 | 22,13 | 5,84 | 1,63 | - | - | — | 2,70 | — | 0,129 |
| 5. | Dortmunder Union, Koks v. Consolidation | 1,77 | 10,01 | 41,96 | 19,05 | — | 0,37 | 27,01 | 0,97 | 0,89 | - | - | 0,90 | — | 0,73 | — |
| 6. | - - Koks v. Barop | 1,51 | 8,46 | 26,79 | 26,79 | — | 0,45 | 21,04 | 5,89 | 4,10 | - | - | n. b. | — | 0,41 | — |
| 7. | - - - - Mansfeld | 1,85 | 12,57 | 40,63 | 18,23 | — | 0,26 | 26,70 | 3,67 | 3,12 | - | - | — | — | 0,32 | — |
| 8. | Hörder Eisenwerk | — | 8—10 | 40,0 | 18,6 | n. b. | — | 30,0 | 2,6 | 1,3 | - | - | — | — | 0,5 | — |
| 9. | Terrenoir, Koks aus Carvès-Oefen von Besseges | — | — | 43,66 | 11,75 | - | — | 26,90 | 9,65 | 1,9 | - | - | 5,0 | — | 0,20 | — |
| 10.[2] | Oberschlesischer Koks | — | 9,797 | 14,03 | 21,32 | — | 0,71 | 8,94 | 19,95 | 10,0 | 0,30 | 0,60 | 22,53 | — | 4,8 | — |
| 11.[3] | Grand 'Combe | — | — | 51,5 | 10,4 | — | n. b. | 24,4 | 7,8 | 2,0 | 0,6 | 2,6 | 1,66 | — | 0,13 | — |
| 12. | Trelys | — | — | 49,0 | 7,3 | — | - | 29,0 | 8,2 | 2,05 | 0,47 | 2,35 | 1,15 | — | 0,12 | — |
| 13. | Molières | — | — | 48,0 | 7,3 | — | - | 26,0 | 14,6 | 3,70 | n. b. | n. b. | 1,01 | — | 0,16 | — |
| 14. | Aniche Dechy | — | — | 48,5 | 7,9 | — | - | 33,7 | 2,0 | 3,70 | - | - | 0,11 | — | 0,70 | — |
| 15. | Grand Bouillon | — | — | 43,4 | 17,98 | — | - | 23,8 | 4,98 | 3,70 | - | - | 0,32 | — | 0,22 | — |
| 16. | Aubin | — | — | 50,0 | 8,0 | — | - | 32 | 5,0 | 3,70 | - | - | 1,68 | — | 0,20 | — |
| 17. | Dowlais | — | — | 24,18 | 16,0 | — | - | 20,8 | 9,4 | 9,7 | - | - | 3,50 | — | 0,12 | — |
| 18. | id. | — | — | 39,64 | 7,5 | — | - | 39,2 | 1,8 | 2,6 | - | - | Spuren | — | 1,3 | — |
| 19. | Anthracitkoks v. Pennsylvanien | — | — | 43,70 | 6,0 | — | - | 39,3 | 5,7 | 3,0 | - | - | - | — | 1,3 | — |
| 20.[4] | Douchy | — | 9,6 | 47,0 | 11,5 | — | 0,60 | 29,74 | 4,40 | 1,72 | 2,40 | | 1,85 | — | 0,46 | — |
| 21.[5] | Connellsville | — | 9,5 | 56,73 | 5,1 | n. b. | n. b. | 34,74 | 2,5 | 0,74 | Spuren | | — | n. b. | 0,96 | — |

[1]) No. 1—9 aus: Dürre, Anlage und Betrieb der Eisenhütten.
[2]) Wedding, Berechnung des Hochofenbetriebes S. 10.
[3]) No. 12—19: Rossigneux (l. cit.).
[4]) Aus dem Laboratorium des Eisenwerks zu Creuzot.
[5]) „Glückauf“ 1894, No. 88 „Ueber amerikanischen Koks“.

Beziehungen zwischen dem Schwefelgehalt der Steinkohle und dem des Koks haben sich nicht feststellen lassen, jedoch zeigt der Koks weniger Schwefel, als die zu seiner Erzeugung dienende Kohle.

Bei der Aufbereitung der Kokskohle in zerkleinertem Zustande wird die Kohle wegen des geringeren specifischen Gewichtes von dem schwereren Schwefelkies abgeschwemmt; eine nicht unbedeutende Menge Schwefelkies bleibt aber stets in der Kohle zurück.

Beim Koksbrennen selbst wird günstigen Falls die Hälfte des Schwefels verflüchtigt, falls nicht organischer Schwefel in grösserer Menge zugegen ist. Dieser entweichende Schwefel besteht aus einem Theil des in organischer Verbindung vorhandenen und aus einem Theil des im Schwefelkies enthaltenen, der schon bei niedriger Temperatur als Schwefeldampf sich verflüchtigt. ($7 FeS_2 = Fe_7 S_8 + 6 S$.)

Der organische Schwefel verbleibt grösstentheils im Koks; desgleichen wird ein Theil des flüchtigen Schwefels noch von gewissen Aschenbestandtheilen, besonders Eisenverbindungen (Eisenkarbonat, Eisenoxyd, Eisensilikat), Calcium- und Magnesium-Verbindungen zurückbehalten. Nach Muck („Stahl und Eisen“ 1886 No. 7) werden diese Eisenverbindungen beim Verkokungsprocess durch Kohlenstoffverbindungen zu metallischem Eisen reducirt und zwar schon bei schwacher Rothgluth. Das reducirte Eisen wird — bei der starken Verwandtschaft zum Schwefel — mit einem Theil des aus dem $FeS_2$ frei werdenden Schwefels wiederum $FeS$ bilden. Ebenso werden schwefelhaltige Kohlenstoffverbindungen, die sich im Koksofen bilden, z. B. $CS_2$, mit Eisen und glühenden Oxyden der Alkalimetalle unzweifelhaft Sulfide bilden. Vorhandene Sulfate, namentlich $CaSO_4$, werden im Ofen theilweise zu Sulfiden ($CaS$) reducirt werden. Es lässt sich also niemals aus Kokskohle, wenn auch deren Schwefelgehalt ein niedriger ist, ein schwefelarmer Koks erzielen, sobald die Asche dieser Kohle reich ist an Eisen, Kalk und Magnesia, namentlich an Eisen.

Mit dem theoretischen Wissen muss aber die praktische Geschicklichkeit Hand in Hand gehen, vor Allem kommt viel auf die Geschicklichkeit und den rechtzeitigen Entschluss des Koksbrenners an. Wenn nämlich das Backen beim Verkoken zu schnell oder die Hitzentwicklung nicht regelmässig oder zu kräftig vor sich geht, wird die Entschweflung des Koks geringer ausfallen. Wahrscheinlich erzeugt die zu starke Hitze einige chemische Processe, wobei der Schwefel mit anderen Stoffen Verbindungen eingeht, worauf die Hitze nicht einwirkt.

Beim Löschen des frisch gezogenen Kokskuchens mit Wasser wird weiterhin noch ein Theil des Schwefels als Schwefelwasserstoff entfernt. ($FeS + H_2O = FeO + H_2S$.) Doch geht schon aus der Struktur des Koks, und besonders der dichteren Sorten, hervor, dass die Entschweflung durch Wasserdampf keine erschöpfende sein kann, zumal der Koks sich verhältnissmässig rasch abkühlt.

Auf demselben Grundsatz beruht auch das Löschen im Koksofen selbst; es entwickelt sich ebenfalls $H_2S$, aber der Wasserdampf wird auch vom Kohlenstoff unter Wegführung brennbarer Gase zerlegt ($H_2O + C = CO + H$). So fand Frankland (Percy, Band I) z. B. in den aus Derbyshire-Koks und Dampf entwickelten Gasen:

| | |
|---|---|
| H und $CH_4$ | 56,9 |
| $CO_2$ | 19,3 |
| CO | 13,8 |
| | 100,0. (Vergl. S. 50). |

Nach Dr. Muck (Post, chemisch-technische Analyse, S. 38) ist Schwefel im Koks keineswegs immer als Schwefeleisen, ja überhaupt nicht immer als Sulfid enthalten, da von Kokssorten mit gleichem Schwefelgehalt die einen beim Behandeln mit HCl bedeutende Mengen $H_2S$, die anderen dagegen kaum Spuren davon entwickeln, also auch durch HCl keine Entschweflung erleiden. In letzterem Falle stammt der im Koks enthaltene Schwefel vom organischen Schwefel der Kohle.

Der Schwefelgehalt des Koks ist von bedeutendem Einfluss auf die Eisenerzeugung. Schwefel und Eisen sind einander die grössten Feinde. Koks mit hohem Schwefelgehalt macht das Eisen weiss, hart und schwach; jedoch soll bei Giessereikoks ein gewisser Schwefelgehalt das Eisen verbessern, indem es durch denselben geschmeidiger wird, ohne aber geschwächt zu werden. Es steht fest, dass Schwefel im Cupolofen den Gehalt an Graphitkohlenstoff reducirt, wodurch eine schnelle Erkaltung des flüssigen Giessereieisens eintritt. In dieser Hinsicht ist jedenfalls die Analyse des Eisens ebenso wichtig, wie die des Koks; nur zu oft misst man dem Koks die Schuld ohne jeden Grund bei, wo sie im Eisen etc. zu suchen bleibt.

Im Cupolofen wird der im Koks enthaltene Schwefel zum gewissen Theil verbrannt und entweicht mit den Gasen, — Fischer fand in 1 cbm der Cupolofengichtgase 67 cc schweflige Säure, —

zum grössten Theil aber bleibt er unverbrannt im Ofen zurück und geht in das Eisen über, falls man nicht durch Bildung einer kalkreichen Schlacke dem entgegenwirkt.

Betreffs der Beziehungen des Schwefels zur Bildung von Eisenhochofenschlacke sei auf folgende Ausführungen von Elbers[1]) Bezug genommen: „In der Kohlungszone kommt die Beschickung mit schwefligen Gasen, die aus der Schmelz- und Verbrennungszone aufsteigen, in Berührung. Die hauptsächlich aus schwefliger Säure bestehenden Gase werden reducirt und bilden dann Schwefelmetalle, besonders Schwefelcalcium und Schwefeleisen. Schwefelcalcium bildet sich nach folgender Formel: $4\,CaO + 4\,S = 3\,CaS + CaSO_4$. Ist die Temperatur sehr hoch, so bildet sich auch Schwefelkohlenstoff, welcher ebenfalls Schwefelcalcium erzeugt: $2\,CaO + CS_2 = 2\,CaS + CO_2$. Beide Arten Schwefelcalciumbildung erfordern eine höhere Temperatur, als die Bildung von Schwefeleisen. Bei hoher Temperatur in der Kohlungszone bildet sich hauptsächlich Schwefelcalcium, während, wenn hierzu die Temperatur nicht ausreicht, Schwefeleisen entsteht. Später vereinigt sich noch ungebundener Kalk mit der Asche des Brennmaterials, die hauptsächlich aus mit Schwefelkies gemischten Thonerdesilikaten besteht. Im Herde bleibt Schwefelcalcium bei der Schlacke, während das Schwefeleisen in Folge seines höheren specifischen Gewichtes in's Metall geht. Ist das Eisen hochgekohlt und stark überhitzt, dann kann das Schwefeleisen durch den Kohlenstoff des Eisens auch zerlegt werden: $Fe_4\,C + 2\,Fe\,S_2 = 6\,Fe + CS_2$. Der Schwefelkohlenstoff wird in der Verbrennungszone oxydirt und vermehrt die oben erwähnten schwefligen Gase.

Bei Bildung der Schlackenmoleküle schieben sich zwischen diese die Moleküle der Schwefelmetalle, die ein geringes specifisches Gewicht haben, und verbinden sich mit denselben. Da aber die Schwefelmetalle keinen Faktor bilden bei dem Assimilationsprocesse, dem die fortwährend sich sammelnden Silikatmassen unterworfen sind, so können sie nur hinderlich sein und den Process verzögern. Daher ist die verschlackende Wirkung von schwefelhaltigen Schlacken bei Weitem geringer, als die von Schlacken gleicher Zusammensetzung, die keine Schwefelmetalle enthalten.“

Bis zu welchem Grade Eisen den im Koks enthaltenen Schwefel

[1]) Eng. and. Min. Journ. 1894, 31. März; auch Berg- und Hüttenm. Ztg. No: 42, S. 366.

aufnimmt, ist noch nicht festgestellt, das Eisen wird aber unbrauchbar, wenn der Koks 1,5 und wahrscheinlich 1,25 % S enthält.

Es muss also dem Eisenhüttenmann besonders viel daran liegen, einen möglichst schwefelarmen Koks zu erzeugen, um so mehr, als beim Hochofenprocess, wo man den Schwefel des Koks durch Kalkzuschlag in die Schlacke überzuführen sucht, ein noch so grosser Kalküberschuss kaum mehr die einmal in's Eisen getretenen nachtheiligen Beimengungen zu beseitigen vermag und hauptsächlich wohl nur ein Zusammentreffen von Aschen- und Schwefeltheilen mit den Kalkstücken eher ermöglichen kann.

Demgemäss hat man sich nun auch bemüht, den Schwefelgehalt des Koks möglichst zu verringern. Mancherlei Verbesserungsmittel sind angewandt worden; so mengen Calvert und Chenot beim Verkoken zur Bildung von Chlorschwefel Kochsalz ein; Bleibtreu mengt backendes Kohlenklein mit Kalkpulver, damit demnächst bei Anwendung der erzeugten Kalkkoks im Schmelzofen der Schwefelgehalt in die Schlacke geführt wird. Kopp löscht den Koks mit verdünnter Salzsäure, wäscht die gelösten Salze aus und trocknet die nassen Koks an der Luft oder durch die Wärme des Ofens. Hoffmann verwendet zu gleichem Zweck Clormanganlaugen. Grandidier leitet komprimirte Luft von 250 bis 300° C. in die Oefen, wobei die Kohle in Brand kommt und das Schwefeleisen oxydirt wird.

Alle diese Wege aber verhalfen und verhelfen nicht zur Erzeugung eines schwefelarmen Koks. Die beste Abhilfe bleibt die geeignete Auswahl der Kohle nach ihrer Qualität und Asche, besonders Eisengehalt. Denn es liefert nicht jeder Zeit die schwefelärmste Kohle, in Folge der betreffenden Bindungsweise des Schwefels, den schwefelärmsten Koks, und es hängt von der Natur der Mineralstoffe ab, ob viel oder wenig Schwefel mit den Verkokungsgasen entweicht oder im Koks zurückbleibt.

Westfälischer Koks enthält sehr selten unter 0,8 % Schwefel, meist von 0,8—1,5 %; höhere Gehalte sind selten. Von 62 Schwefelanalysen[1]) westfälischer Koks zeigten 11 unter 1 % S (Minimum 0,83 %) und 51 über 1 %. Von letzteren wiesen 43 zwischen 1 % und 1,20 % S auf (Mittel also 1,10 %); 8 Analysen ergaben 1,20 bis 1,47 % S (letztere Nummer als Maximum). Man irrt mithin

[1]) Aus dem Laboratorium der Aktiengesellschaft „Westfälisches Kokssyndikat" zu Bochum.

nicht, wenn man für westfälischen Koks im Mittel 1,06 % Schwefel annimmt.

Bei englischem Koks schwankt der Schwefelgehalt, wie im Ruhrbezirk, zwischen 0,80—1,30 %. Der beste Connellsville-Koks (Pa.) zeigt ebenfalls 0,82 % Schwefel. Giessereikoks enthält im Allgemeinen 0,75—1,0 % S, als Maximum wird 1 % angesehen, einzelne Producenten gehen sogar bis zu 1,25 % S.

Nachstehend folgt eine Zusammenstellung verschiedener Koks hinsichtlich ihres Aschen- und Schwefelgehaltes.

| | Koks von | Asche % | Schwefel % |
|---|---|---|---|
| 1. | Eschweiler Bergwerks-Verein (Anna) | 10,81 | 0,860 |
| 2. | Vereinigungsgesellschaft, Grube Maria, Hauptschacht (Aachen) | 10,65 | 0,893 |
| 3. | Vereinigungsgesellschaft, Grube Maria, Schacht I. | 10,02 | 0,863 |
| 4. | Obernkirchen | 6,02 | 1,27 |
| 5. | Marihaye (Lüttich) | 11,06 | 1,54 |
| 6. | Strépy-Bracquegnies (Centre) | 11,32 | 0,67 |
| 7. | Chevalières de Dour (Mons) | 6,96 | 0,80 |
| 8. | Roche la Molière[1]) | 13,00 | 0,300—0,400 |
| 9. | Houillères de Saint-Etienne | 13,00 | 0,300—0,405 |
| 10. | Montcell (Saint-Etienne) | 11,00 | 0,270—0,400 |
| 11. | Montmartre (Saint-Etienne) | 11,00 | 1,37 |
| 12. | Tilleur (Belgien) | 12,00 | 0,50 |
| 13. | Donetz (Russland) | 6,00 | 0,27. |

Amerikanischer Koks („Glückauf" 1892, S. 76) zeigt folgenden Aschen- und Schwefelgehalt:

| | | Asche % | Schwefel % |
|---|---|---|---|
| 1 Probe | Big Stone Gap-Koks aus Virginia | 4,74 | 0,588 |
| 3 Proben | Connellsville-Koks (Pa.) | 9,74 | 0,810 |
| 4 - | Chattanooga-Koks (Ten.) | 16,34 | 1,595 |
| 4 - | Birmingham-Koks (Alab.) | 10,54 | 1,195 |
| 3 - | Pocahontas-Koks (Virg.) | 5,74 | 0,597 |
| 8 - | New-River-Koks (West-Virg.) | 7,21 | 0,552. |

Was englischen Koks anbetrifft, so enthält nach Weeks (l. cit.) Durham-Koks von

[1]) No. 8—13 nach Rossigneux (l. cit.).

| | | Asche % | Schwefel % |
|---|---|---|---|
| Zeche | Hamsteels | 6,36 | 0,81 |
| - | Consett | 6,91 | 0,84 |
| - | Whitworth | 6,69 | 1,21 |
| - | South Brancepeth | 5,30 | 0,91. |

Schwefelreicher Koks zeigt schon nach kurzem Lagern an der Luft braune Flecken, deren Rand mehr oder minder in den Regenbogenfarben angelaufen erscheint. Manchmal sieht der Koks an solchen Stellen sogar vollständig wie Schwefelkies aus. Verfasser fand bei solchen fleckigen Koksstücken stets einen bedeutend höheren Eisengehalt und ca. 0,30 % S mehr, als bei hellem Koks derselben Kokerei.

Bezüglich Schwefelbestimmung im Koks siehe u. a. L. Blum, Zeitschr. f. anal. Ch. 1888, S. 445, ferner F. Stolba, Jahresbericht über d. Leist. d. chem. Techn. 1888.

Ueber den Schwefelgehalt eines zu erzeugenden Koks erhält man nach Muck nur in der Weise Aufschluss, dass man aus der betreffenden Kohle einen Probekoks darstellt und den Schwefelgehalt desselben bestimmt.

Eisen. Der Eisengehalt der Kohle rührt von sekundären Bildungen her. Nach Ochsenius („Glückauf“ 1894) werden durch den Verwesungsprocess der Pflanzen Säuren gebildet, welche bei steter Feuchtigkeit das im Untergrunde fein vertheilte Eisen lösen. So entstehen schleimige Eisensolutionen, die den ganzen Boden sammt seinen Wurzeln überziehen und zuletzt das Metall in Form von ulmen-, humus-, kohlen- und phosphorsaurem Eisen fallen lassen. Aus derartigen Schichten ist das Eisen annehmbar in die Kohle geführt worden und vornehmlich in Eisenkarbonat verwandelt worden. Ausser Eisenkarbonat zeigt die Kohle noch Eisenoxyd und Eisensilikat.

Welche Veränderungen diese Eisenverbindungen im Koksofen erleiden, und welchen Einfluss sie auf die Bindung des Schwefels ausüben, ist im vorigen Abschnitt erwähnt worden.

Das Eisen in der Koksasche wirkt in auffallender Weise auf die Verschlackung der Asche ein und zwar bei garnicht sehr hoher Temperatur. Diese störende Schlackenbildung auf dem Rost erfolgt dadurch, dass das Eisenoxyd der Asche bei dicker Schicht leicht zu Oxydul reducirt wird, und als solches mit den übrigen Aschenbestandtheilen zu einem dann sehr leichtflüssigen Silikat zusammentritt. (Vergl. S. 75.)

Beim Soda-Ammoniakprocess zur Gewinnung der Kohlensäure im Kalkofen ist der Einfluss des Eisens insofern bemerkbar, als bei zu hohem Eisengehalt eine Verglasung des Kalks eintritt.

Der Eisengehalt des Koks ist sehr verschieden und nimmt gemeiniglich zu, wenn der Thonerdegehalt der Asche sinkt, und umgekehrt. Unter 40 Analysen[1]) westfälischer Koks ergaben

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | Proben | unter | 0,5 | % Fe |
| 5 | - | zwischen | 0,6—0,7 | - - |
| 8 | - | - | 0,8—0,9 | - - |
| 6 | - | - | 0,9—1,0 | - - |
| 5 | - | — | 1 | - - |
| 7 | - | unter | 1,2 | - - |
| 3 | - | über | 1,2 | - - |
| 2 | - | - | 1,3 | - - |
| 1 | - | — | 1,4 | - - |
| Also annäherndes Mittel | | | 0,90 | % Fe. |

Im Westfälischen Kohlenbecken zeigt sich im Allgemeinen die Erscheinung, dass der Eisengehalt je nach der Flötzetage verschieden ausfällt, und dass insbesondere von oben nach unten, d. h. von der Fettkohle zur Magerkohle der Gehalt an Eisen in der Kohle — und damit auch im Koks — zunimmt. Es enthielten eine Reihe Koks des Ruhrkohlenbeckens

| | |
|---|---|
| a) aus dem Gelsenkirchener Bezirk: | 0,722 % Fe |
| (beste Fettkohle) | 0,913 - - |
| | 0,944 - - |
| | 0,984 - - |
| b) aus dem Langendreer Bezirk: | 0,853 - - |
| (Esskohle) | 1,070 - - |
| | 1,099 - - |
| c) aus den Bezirken Witten und Sprockhövel: | 1,300 - - |
| (Ess- und Magerkohle) | 1,414 - - |
| | 1,590 - - |

Der höhere Eisengehalt des Koks ad c) mag vorwiegend mit dem geognostischen Vorkommen von Spatheisensteinflötzen in der mageren Kohlenpartie der Ruhr genetisch in Zusammenhang stehen.

---

[1]) „Westfäl. Kokssyndikat“.

Einen geringen Eisengehalt besitzt der Koks aus dem Aachener Becken mit ca. 0,6 %. Es zeigt:

| | | |
|---|---|---|
| Koks des Eschweiler Bergwerks V., Grube Anna, | | 0,628 % Fe |
| - der Vereinigungsgesellschaft, Grube Maria, | Hauptschacht | 0,559 - - |
| - - - - | Schacht I | 0,610 - - |

Edm. Jensch (Dürre, l. cit.) berechnet aus dem Schwefelkiesgehalt der oberschlesichen Klein- und Staubkohlen pro 1 t Kohlen 17,28 kg metallisches Eisen. Hiernach stellt sich der Verlust an Eisen pro Jahr (1885 : 12 734 000 t Förderung) auf 220 000 t Eisen. Für einzelne Fälle mag es wohl zutreffen, dass das Eisen des Koks vollständig oder theilweise in die Hochofenschlacke übergeht, wenn nämlich der Kalk-Zuschlag zu gering ist.

Phosphor. Die hauptsächlichsten Träger des Phosphorgehaltes sind nach M. Carnot (Compt. rend. *99*, 154) die Sporen und Pollenkörner, welche in den Anhäufungen zersetzter vegetabilischer Massen unter dem Mikroskop leicht wahrzunehmen sind. Die Gefässkryptogamen, d. h. Farne, Schachtelhalme, Bärlappsgewächse (Schuppen- und Siegelbäume) mit einigen Zapfenbäumen (Cordaites), welche die Hauptmasse der Karbonzeit zusammensetzen, enthalten sämmtlich mehr oder weniger hohen Phosphorgehalt. Carnot versuchte eine Beziehung zwischen dem Phosphorgehalt der Kohle und der Natur der Pflanzen, aus denen sie entstanden, herzuleiten. Bei derselben Lagerstätte fand er keine bedeutenden Unterschiede, jedoch zeigten die Kohlen, welche eine grosse Anzahl Sporen aufwiesen, wie die Cannelkohle, sich am reichsten hinsichtlich des Phosphorgehaltes. Die gefundenen Mengen wechselten von 0,00572 bis 0,06275 P in 100 Theilen, während als Mittelwerth 0,02 anzusehen sein dürfte.

Auf dem Hüttenwerk Denain verglich man nach Rossigneux (l. cit.) verschiedene Kohlen des dortigen Beckens bezüglich des Gehaltes an flüchtigen Bestandtheilen und des Phosphorgehaltes, ohne aber zu irgend welchem Ergebniss zu kommen. Zu Anzin wechselte der Gehalt an Phosphor bei verschiedenen Flötzen im Verhältniss 1 : 6, und die halbfetten Kohlen enthielten die Hälfte weniger Phosphor, als Fettkohlen. Im Ganzen und Grossen ist der Phosphorgehalt sehr verschieden.

Bei der Verkokung geht der Phosphor der Kohle vollständig in den Koks über. Bei westfälischem Koks schwankt der Phosphorgehalt zwischen mehreren Tausendsteln bis wenigen Hundertsteln, etwa 0,05 % P.

Unter 56 Analysen[1]) westfälischer Koks zeigten:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Proben | unter | 0,01 | % P |
| 41 - | zwischen | 0,01—0,02 | - - |
| 10 - | - | 0,02—0,03 | - - |
| 1 - | über | 0,03 | - - |
| Annäherndes Mittel | | 0,016 | - - |

Aehnlich wie der Eisengehalt, nimmt auch der Gehalt an Phosphor im Ruhrgebiet gemeiniglich von der Fettkohle zur Magerkohle zu, wie aus nachstehender Uebersicht hervorgeht:

| | |
|---|---|
| a) Koks aus dem Gelsenkirchener Bezirk: | 0,0145 % P |
| (beste Fettkohle) | 0,0154 - - |
| | 0,0185 - - |
| | 0,0129 - - |
| b) aus dem Langendreer Bezirk: | 0,0110 - - |
| (Esskohle) | 0,0120 - - |
| | 0,0125 - - |
| | 0,018 - - |
| c) aus den Bezirken Witten und Sprockhövel: | 0,0248 - - |
| (Ess- und Magerkohle) | 0,0210 - - |
| | 0,0230 - - |

Der hörere P-Gehalt ad c) erklärt sich wahrscheinlich aus dem stärkeren Niederschlag von phosphorsaurem Eisen, welches in dem Kohlenflötz der untersten, dem meisten Druck ausgesetzten Flötzetage sich abgesetzt hat.

Was Aachener Koks anbetrifft, so enthält Koks von

| | |
|---|---|
| Eschweiler Bergw.-Verein (Anna) | 0,0207 % P |
| Vereinigungs-Gesellsch. (Maria), Hauptschacht | 0,0208 - - |
| - - Schacht I | 0,0140 - - |

Pennsylvanischer Koks zeigt durchschnittlich 0,01 % Phosphor; derjenige von Mingo Mountain (Tenn.) 0,008 % und Pinneville-Koks nur 0,007 % P. Höheren Gehalt hat Koks von West-Virginien mit 0,027 %, der von Illinois 0,033 % Phosphor. Mr. Mc. Creath wies im Koks aus Upper Freeport-Kohle (Allegheny River) einen Phosphorgehalt von 0,1085 % nach, bei einem Gehalt von 0,0684 % P in der Kohle.

Der Phosphor des Koks wird im Hochofen in Folge der hohen

[1]) „Westfäl. Kokssyndikat.“

Temperatur, und unter Einwirkung der vorhandenen Kieselsäure, in seiner gesammten Menge vom Eisen aufgenommen[1]). Phosphor vermindert die Elasticität und Festigkeit des Eisens und besitzt die Fähigkeit, dasselbe härter zu machen, in Folge dessen wird von den Hüttenwerken viel Werth auf den Phosphorgehalt des Koks gelegt; sein Einfluss ist aber auf die Eigenschaften des Eisens nicht so stark, als der des Schwefels.

Zur Darstellung von feinen Gusswaaren in Eisengiessereien sieht man einen höheren Phosphorgehalt nicht ungern, weil Phosphor die Schmelztemperatur erniedrigt und das Eisen dünnflüssiger macht, sodass es die Formen gut ausfüllt und schöne, glatte Gussoberflächen giebt.

Kieselsäure. Die Kieselsäure stammt von dem gewöhnlichen Begleiter der Kohle, dem Kohlenschiefer. Das Vorwiegen der Kieselsäure in der Kohlenasche, sowie der Umstand, dass die Alkalien darin als Kieselsäureverbindungen sich vorfinden, weisen darauf hin, dass die Substanz der Brandschiefer theilweise in die Kohlenmasse eingedrungen ist.

Früher legte man der Kieselsäure einen hohen Einfluss bei, indem man annahm, dass dieselbe den Schwefel im Hochofen verdränge, eine Ansicht, welche sich als unrichtig erwiesen hat. In die Schlackenschmelzungen des Hochofens tritt aber Kieselsäure wirksam ein.

Beim Schmelzen der Rohsoda wirkt die Kieselsäure schädlich ein. Bei der blossen Verfeuerung schliesst hoher Kieselsäuregehalt eine Verschlackung auf dem Rost aus, während niedriger oder mittlerer Kieselsäuregehalt bei grossen Mengen von Eisenoxyd und Kalk ein auffälliges Schlacken zur Folge hat.

Von grosser Wichtigkeit sind die Beziehungen der Kieselsäure zur Festigkeit des Koks, da mit zunehmendem Gehalt an Kieselsäure die Härte des Koks abnimmt und umgekehrt. (Näheres siehe im folgenden Kapitel.)

Nachstehende Analysen zeigen nach Dürre[2]) den Kieselsäuregehalt verschiedener Koks aus gewaschenen Kokskohlen des Ruhrbeckens:

---

[1]) Unter Umständen soll ein geringer Theil des im gesammten Möller enthaltenen Phosphors in die Schlacke übergehen, desgleichen durch die Gicht. Näheres siehe: „Stahl und Eisen“ 1882, VI 232; 1894, XVIII 873.

[2]) „Anlage und Betrieb der Eisenhütten“.

| Koks von | | Asche % | mit $SiO_2$ % |
|---|---|---|---|
| Zeche | Präsident | 10,19 | 30,86 |
| - | Carolinenglück | 12,15 | 43,93 |
| - | Centrum | 10,93 | 38,56 |
| | - | 12,65 | 41,48 |
| - | Graf Schwerin | 11,08 | 34,60 |
| - | - | 9,08 | 33,78 |
| - | - | 9,71 | 53,91 |
| - | Westhausen | 13,21 | 37,33 |
| - | - | 11,01 | 39,33. |

Nach Weeks Report enthält im Mittel:

Connellsville-Koks 44,64 % $SiO_2$ und
Big Muddy-Koks 47,00 % $SiO_2$.

Verunreinigungen ohne grössere Bedeutung.

Ausser Schwefel, Eisen, Phosphor und Kieselsäure zeigen sich in der Kohlen- und Koksasche noch weitere Verunreinigungen, und obwohl deren Menge so gering ist, dass sie in der Praxis vollständig unberücksichtigt werden können, wird es doch zweckmässig sein, sie anzuführen.

Ruhrkohlenkoks enthält nach B. Platz („Stahl und Eisen“ 1886) Kupfer, und zwar zeigten 12 Monatsproben 0,017—0,046 %, im Durschnitt 0,032 % Kupfer. Höhere Kupfergehalte, als die erwähnten kommen nur selten vor, meistens bei ausnahmsweise schwefelkiesreichen Kohlen, deren Asche, mit Salzsäure befeuchtet, die Kupferreaktion zeigt. Da alles Kupfer, welches Möller und Brennmaterial enthalten, sich im Roheisen wiederfindet, so würde bei einem Verbrauch von 1 Tonne Koks auf 1 Tonne Roheisen und bei 10 % Asche im Koks der Kupfergehalt des Eisens um 0,0032 % erhöht werden. Ein nachtheiliger Einfluss auf die Qualität des Eisens bleibt bei solchen geringen Mengen nicht zu befürchten.

Die blaue Flamme, welche beim Aufstreuen von Salz auf glühende Koks erscheint, wurde von Smith (Chem. News *39*, 141) der Salzsäure zugeschrieben; sie erwies sich jedoch später nach G. Salet (Compt. rend. *110*, 280—283) als von einem geringen Kupfergehalt herrührend, der spektroskopisch nachgewiesen wurde beim Einführen einer Stahlnadel in die Bunsenflamme, nachdem jene in den sauren Auszug der betreffenden Asche eingestellt war und mit Chlorwasserstoffsäure ausgeglüht wurde. (Muck, Steinkohlen-Chemie.)

Daubrée fand in Kohle von New-Castle Arsenik und Antimon, in Saarbrücker-Kohle 0,003 % Arsenik und in einer Sorte Kohle von Villé (Bas-Rhin) neben Spuren von Antimon und Kupfer 0,0415 % Arsenik. Ebenso enthielt die Kohle von Nottinghamshire deutliche Spuren von Arsenik. Percy ermittelte in Kohle von Bedworth (Warwickshire) Bleiglanz. Bleioxyd und Zinkoxyd sind ebenfalls häufig vorhanden, wie die weissen bis gelben Beschläge oberhalb der Koksofenthüren, ja auch auf Koksstücken, beweisen.

Platz[1]) untersuchte zwei Arten von Flugstaub, die sich aus Koksofengasen in den damit geheizten Kesseln abgesetzt hatten. An den heisseren Theilen hatte sich gelber und an dem kälteren Theil weisser Staub abgelagert. Die Zusammensetzung war folgende:

| Weiss | | Gelb | |
|---|---|---|---|
| 63,01 % | $Zn\,SO_4$ | 58,43 % | $Zn\,O$ |
| 11,23 - | $Pb\,SO_4$ | 4,24 - | $Pb\,SO_4$ |
| 4,82 - | $Na_2\,SO_4$ | 1,12 - | $Ca\,O$ |
| 12,22 - | $Fe_2\,(SO_4)^3$ | 0,75 - | $Mg\,O$ |
| 1,62 - | unlöslicher Rückstand | 8,40 - | $Al_2\,O_3$ |
| 98,44 % | | 5,49 - | $Fe_2\,O_3$ |
| | | 15,78 - | $Si\,O_2$ |
| | | 96,21 %. | |

In den Zügen eines mit Koksgasen geheizten Kessels zu Zankeroda hatte sich nach H. Schulze (Jahresbericht, Leist. d. chem. Techn. 1886) ein Absatz folgender Zusammensetzung gebildet:

| | | |
|---|---|---|
| Schwefelsaures | Zink | 58,41 % |
| - | Blei | 20,86 - |
| - | Thallium | 0,57 - |
| - | Cadmium | 2,60 - |
| - | Eisen (oxyd) | 2,24 - |
| Eisenoxyd | | 0,92 - |
| Schwefelsaures | Calcium | 0,42 - |
| - | Lithium | 0,72 - |
| - | Natrium | 0,65 - |
| - | Kalium | 2,08 - |
| Wasser | | 8,37 - |
| Unlöslicher Rückstand (Kohle, Mörtel) | | 2,50 - |
| | | 100,34 %. |

[1]) Muck, Steinkohlen-Chemie, II. Auflage 1891.

Fünftes Kapitel.

# Physikalische Eigenschaften des Koks.

---

Festigkeit. Als man Holzkohle durch Koks ersetzte, behielt man Anfangs die Holzkohlenöfen in ihrer Form und Grösse bei. Da dieselben nur eine geringe Höhe besassen und mit kalter oder nur mässig erwärmter Luft gespeist wurden, so suchte man einen leichten und porösen Koks darzustellen, dessen physikalische Eigenschaften von denen vegetabilischer Brennmaterialien nicht sehr verschieden waren.

Die geringe Widerstandsfähigkeit dieser Koks schränkte naturgemäss den Betrieb sehr ein; sobald man daher denselben energischer führte, musste jenem Nachtheil abgeholfen werden. Bei den heutigen grossen Hochöfen, welche unter hohem Druck mit Luft von 700 bis 800° angeblasen werden und in 24 Stunden bis zu 300 t Roheisen produciren, muss dann auch der Koks vor Allem fest sein.

Bis vor 8 Jahren sah man die Höhe des Hochofens noch durch die Zerdrückbarkeit des Koks bedingt, indem man annahm, dass die Last der Beschickungssäule den Koks mehr oder weniger zerdrücke. Indessen zeigen Zahlenrechnungen die Unhaltbarkeit dieser Grundlage.

Setzt man — nach Wedding[1]) — 1 cbm Koks = 450 kg, 1 cbm Holzkohle = 140 kg, 1 cbm Erz + Zuschlag = 1800 kg und hat man 3 Gewichtstheile Möllerung auf 1 Gewichtstheil Koks oder Holzkohle, so nehmen

---

[1]) Wedding, Die Berechnungen für Entwurf und Betrieb von Eisenhochöfen, S. 80.

| | | |
|---|---|---|
| 450 kg | Koks | 1 cbm |
| 1350 - | Beschickung | 0,75 cbm |
| | zusammen | 1,75 cbm, |

und

| | | |
|---|---|---|
| 140 kg | Holzkohle | 1 cbm |
| 420 - | Beschickung | 0,23 cbm |
| | zusammen | 1,23 cbm in Anspruch. |

Im ersten Fall wiegt also 1 cbm $= \frac{1800}{1,75} = 1028$ kg, im zweiten Falle $= \frac{560}{1,23} = 455$ kg. Es kommen demnach bei einer Beschickungssäule von der Höhe des Ofens = 30 m auf 1 qm Grundfläche im Kokshochofen 30 . 1028 kg = 30 840 kg, im Holzkohlenhochofen 30 . 455 kg = 13 650 kg, oder auf das Quadratcentimeter im ersten Falle *0,3 kg*, im zweiten *0,1 kg*, d. h. viel weniger als selbst die geringste Druckfestigkeit des Koks oder der Holzkohle zulässt[1]).

Hieraus folgt, dass nicht die Zerdrückbarkeit, sondern die Zerreiblichkeit der Brennstoffe von Einfluss auf die Höhe des Hochofens ist.

Die Zerreiblichkeit des Koks liegt zunächst in der Beschaffenheit der Porenwände des Koks, d. h. der Kohlenstoffsubstanz begründet. Koks erscheint mehr oder weniger porig in seiner Struktur; die Poren sind nichts Anderes, als die Kanäle, durch welche die beim Verkoken gleichzeitig mit dem Koks entstehenden flüchtigen Produkte entweichen. Sind die Wände der Porenräume hart, so nennen wir den Koks gemeiniglich „hart", sind dieselben weich, so heisst der Koks „weich".

Andererseits hängt die Zerreiblichkeit von der Dichtigkeit des Koks ab, d. h. von der Grösse der Porenräume, insofern bei gleicher Härte der Porenwände ein dichter Koks weniger zerreiblich ist, als ein poröser Koks — falls nicht bei letzterem die nachtheilige Einwirkung der grossen Porenräume durch grössere Dicke der Porenwandungen wieder ausgeglichen wird.

Hiernach regelt die Zerreiblichkeit auch das Verhältniss der Stückgrösse bei den verschiedenen Koksarten. Je dichter der Koks ist, desto grössere Stücke können angewandt werden, während poröser

---

[1]) Vergl. Van Vloten, „Stahl und Eisen" 1886, S. 43.

Koks unter gleichen Verhältnissen eine geringere Stückgrösse verlangt.

Den bestimmenden Einfluss auf die Reibungswiderstands-Fähigkeit besitzt die Härte der Porenwände des Koks. Es kann harter Koks eine sehr geringe Zerreiblichkeit zeigen, ohne im Geringsten dicht zu sein, dagegen muss dichter Koks auch stets hart sein, falls er brauchbaren Koks abgeben soll.

Der Nachtheil der Zerreiblichkeit des Koks zeigt sich schon beim Transport, wobei in Folge des Umladens und Rangirens der Züge ein nicht unbeträchtlicher Theil des Koks als Lösche verloren geht. Gewöhnlich werden 6 % Staub am Empfangsort noch zugestanden.

Im Hochofen selbst drehen sich die Koksstücke und reiben sich mit der Beschickungsmasse. Bei leicht zerreiblichem Koks bröckeln daher leicht Stücke ab und bilden mit einem Theil der Beschickung dichte Massen, welche die Gase nicht durchlassen und so unvermeidlich Störungen des Schmelzprocesses mit sich führen.

Es ist ferner bei Anwendung zerreiblicher Koks eine nicht ungewöhnliche Erscheinung, dass kleine Okstheilchen in nicht unerheblicher Menge unverbrannt mit den Gichtgasen aus dem oberen Theil des Ofens entweichen oder auch mit der Schlacke weggeführt werden.

Ein weiterer Nachtheil der Zerreiblichkeit — speciell in der Weichheit der Porenwände begründet — bezieht sich auf die Art der Verbrennung im Innern des Hochofens. Die Koks werden bei ihrer niedergehenden Bewegung von einer heissen Schicht von Kohlensäure eingehüllt. Dieses Gas besitzt die Fähigkeit, den Kohlenstoff zu oxydiren; jedoch wird der Kohlenstoff nicht in jeder Form von der Kohlensäure in gleichem Maasse angegriffen: harter Koks widersteht der zerstörenden Einwirkung derselben in höherem Grade, als weicher. Bei einem 30 Min. dauernden Versuch von J. L. Bell[1]) war der Gewichtsverlust durch Oxydation bei weichem Koks sechsmal grösser, als bei hartem Koks. Jedes durch Kohlensäure in den oberen Hochofentheilen verbrauchte Antheil des Koks bildet einen doppelten Verlust, einerseits in Folge der Temperaturerniedrigung an der Stelle, wo diese Einwirkung stattfindet, andererseits in Folge

[1]) Berg- u. hüttenm. Ztg. 1884, S. 551.

des wirklichen Verlustes an Koks, welcher nur vor den Formen verbrennen darf. Mit diesem Wärmeverlust ist gleichzeitig auch noch eine mehr oder minder grosse Störung des Ofenganges verbunden.

Man bestimmt in der Praxis die Zerreiblichkeit des Koks auf indirekte Weise, indem man die Härte der Porenwände, d. h. die Druckfestigkeit des Koks untersucht und aus den erhaltenen Tragfähigkeitsziffern Schlüsse auf die Zerreiblichkeit zieht. Will man kurzer Hand den diesbezüglichen Werth verschiedener Kokssorten bestimmen, so reibt man die einzelnen Koksstücke einfach aneinander; diejenige Sorte ist die beste, welche durch Abreiben am wenigsten verliert, — wobei natürlich gleiche Reinheit der Koks Voraussetzung ist.

Gehen wir näher auf die Härte der Porenwände des Koks ein, d. h. auf die Druckfestigkeit, so finden wir, dass dieselbe abhängt von der Beschaffenheit der Kohle, dem Aschengehalt des Koks, insbesondere dem Gehalt an Kieselsäure, von der bei der Verkokung angewandten Temperatur, von der Ofenbreite und von der Garungszeit.

Natürlich bleibt der Qualität der Kohle die grösste Bedeutung beizumessen, da man aus guter Kohle mit einem schlechten Ofen etc. wohl schlechten Koks herstellen kann, es jedoch unmöglich ist, guten Koks aus schlechter Kohle zu gewinnen, — wenigstens bei den heutigen Methoden der Koksfabrikation. Backende Sinterkohlen oder gar Sinterkohlen sind kaum im Stande, Koks zu liefern. Bei den Kokskohlen als solchen zeigen sich mehr oder minder grosse Unterschiede in der Festigkeitszahl.

Verfasser untersuchte Koks aus Kohlen der beiden geognostischen Stufen des westfälischen Kohlengebirges — Ess- und Fettkohlen, letztere wieder getrennt in leichte Kokskohle und hohe, gasreiche Fettkohle. Es ergaben:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Koks aus | Esskohle | 80—115 kg | Tragfähigkeit | pro 1 □cm |
| - - | leichter Fettkohle | 120—160 - | - | - - |
| - - | bester - | bis 175 - | - | - - |

Es steht also die Festigkeit des Koks in einem bestimmten Verhältniss zur Backfähigkeit der Kohle, denn die Esskohle, welche an die magere Flötzpartie grenzt, erbringt einen Koks von nur 115 kg Festigkeit pro 1 □ cm. In einem Falle, wo eine bessere

Esskohle zur Verkokung gelangte, ging die Festigkeit des betreffenden Koks auf 143 kg herauf; während Koks, aus bester Fettkohle hergestellt, eine weit höhere Festigkeit besitzt, ziemlich übereinstimmend 170 kg, bei mittlerem Aschengehalt unter 9 %. Koks mit 115—170 kg Tragfähigkeit stellt die grösste Masse der westfälischen Produktion dar, so zwar, dass 120 kg als Regel für den Koks aus leichter Kokskohle anzusehen bleibt. Eine Reihe früherer Versuche des Westfälischen Kokssyndikates zu Bochum haben denn auch diese Mittelzahl von 120 kg ergeben. Auch für Durhamer Koks scheint diese Zahl zu gelten.

Zu den Festigkeitsversuchen wurden Kokswürfel von 1 cm Höhe und nachstehender Apparat verwandt; letzterer ist so einfach, dass er keiner weiteren Beschreibung bedarf. (Vergl. S. 9.)

Hoher Aschengehalt wirkt auf die Härte des Koks naturgemäss ein, jedoch kommt es vor Allem auf den Kieselsäuregehalt in der Koksasche an, wie aus nachstehendem Versuche des Verfassers ersichtlich:

| No. | Ofensystem | Ofenbreite | Garungszeit | Aschengehalt | $SiO_2$ | Festigkeit pro 1 □ cm | Nb. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Dr. Otto | 600 | 48 Std. | 10,14 % | 66,00 % | 98 kg | Mittel aus 4 Versuchen |
| 2. | - | 600 | 48 - | 9,17 - | 60,25 - | 115 - | - - 4 - |
| 3. | - | 500 | 36 - | 9,97 - | 25,7 - | 160 - | - - 6 - |
| 4. | Brunck (Theerofen | 500 | 36 - | 8,11 - | 28,36 - | 170 - | - - 6 - |
| 5. | Dr. Otto (Theerofen) | 525 | 48 - | 9,2 - | 28,59 - | 175 | - - 4 - |
| 6. | - | 600 | 48 - | 7,79 - | 25,28 - | 175 - | - - 7 - |

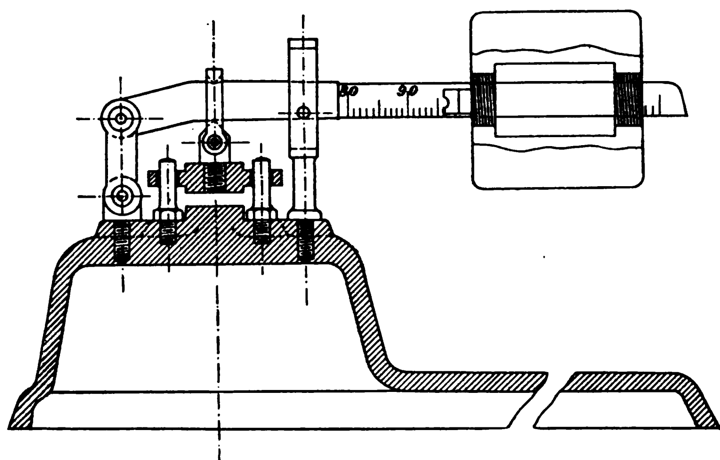
Hiernach spielt der Kieselsäuregehalt der Asche die maassgebende Rolle, indem mit steigendem Gehalt an Kieselsäure die Festigkeitszahl fällt, und umgekehrt. Aus Versuch 3 folgt ferner, dass nicht immer die aschenreinere Koksmarke die grössere Festigkeit besitzt, wenn auch im Allgemeinen wohl Aschengehalt und Kieselsäuregehalt sich proportional verhalten.

Der vorherrschende Einfluss der Kieselsäure zeigt sich besonders bei den Australischen Koks, welche wegen ihres hohen Gehaltes an Kieselsäure in der Asche eine viel geringere Festigkeit durchweg besitzen, als westfälischer Koks.

Was die Einwirkung der Temperatur anbetrifft, so bemerkt man dieselbe auffallend bei dem einzelnen Kokskuchen, wo sich an verschiedenen Stellen desselben ein verschiedener Grad von Festigkeit feststellen lässt. An den Seiten des Kokskuchens erscheint die Festigkeit bedeutend grösser, als in der Mitte, weil dort die Tempe-

ratur nicht so stark einzuwirken vermag, indem die Hitze, welche das Ofengewölbe in sich aufspeichert und dann auf die Kohlenfüllung zurückstrahlt, für die Mitte des Koks theilweise verloren geht. Das Nämliche gilt von der bei oberflächlichem Abbrand des Koks entstehenden grossen Hitze; auch diese wirkt vorzugsweise nur auf die Seiten des Kokskuchens ein.

Nach Rossigneux (l. cit.) betrug die Festigkeit in belgischen Oefen von 450 mm Durchmesser bei einer Mischung von Fettkohle und halbfetter Kohle mit 21 % flüchtigen Bestandtheilen nach den Ofenwänden zu 120 kg, während diese Zahl in der Nähe der senkrechten Achse des Ofens auf 80 kg herabging.




Verfasser untersuchte Rundofenkoks aus bester westfälischer Kokskohle mit 9 % Asche in dem Koks und fand eine vom Kopf- nach dem Fussende zu stetig abnehmende Tragfähigkeit. Die Festigkeitszahl sank von 175 kg auf 170, auf 123 und endlich auf unter 80 kg.

Jedem Koksbrenner wird ferner bekannt sein, dass Koks härter wird, wenn er noch einige Zeit nach seiner Bildung erhitzt wird. Aber auch die Art und Weise, wie der Verkokungsprocess eingeleitet und durchgeführt wird, ob eine gleichmässige Erhitzung stattfindet oder nicht, lässt erhebliche Festigkeitsunterschiede zu.

Die günstige Einwirkung der Hitze zeigt sich bei den verschiedenen Ofenbreiten und der Garungszeit. Je enger der Ofen

ist, desto eher und rascher wird die Beschickungsmasse erhitzt und bis zur Mitte durchgeglüht, und demgemäss steht der Koks länger in Glühhitze.

Nach Versuchen, welche auf den Bessèges Eisenwerken angestellt wurden, betrug die Widerstandsfähigkeit gegen Druck pro □ cm bei Kokssorten aus Carvès-Oefen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| von | 700 | Breite | 66,40 kg, |
| - | 660 | - | 79,72 kg, |
| - | 500 | - | 92,32 kg. |

Es nimmt also deutlich die Festigkeit mit Abnahme der Ofenbreite zu. Diese Erkenntniss hat dazu geführt, dass bei den neueren Ofensystemen die Breite des Ofens stets soweit als möglich verringert wurde.

Bezüglich der Garungszeit gilt, dass die längere Dauer der Garung härteren Koks erzeugt, weil der Koks von der Hitze länger und kräftiger beeinflusst wird. So erbringt der 48stündige Ofenbetrieb gemeiniglich festeren Koks, als der 24stündige, und andererseits der 72stündige festeren, als der 48stündige — in beiden Fällen volle Garung vorausgesetzt.

Nach Wedding[1]) erzielte

| | | | |
|---|---|---|---|
| 70stünd. | Koks aus Bechive-Oefen zu Connellsville | 284 ℔ | pro 1 □ Zoll |
| 48 - | - - - - - - | 249 - | - 1 - |
| 24 - | - - geschloss. Oefen zu Johnstown | 245 - | - 1 - - . |

In Connellsville lässt man, um Hochofenkoks zu erzielen, die Kohle 48 Stunden verkoken, während man Giessereikoks in 72stündigem Betriebe herstellt, weil durch die längere Verkokungszeit die Koks härter werden und zugleich in grösseren Stücken fallen. Es findet hierbei auch noch eine besondere Auswahl statt, indem die Aussenstücke nicht als Giessereikoks verkauft werden[2]).

Für 48stündigen Koks rechnet man in Westfalen 80—120 kg Tragfähigkeit pro □ cm, für 72stündigen Koks 120—140 kg. In Amerika (Rundofenkoks mit 72stündiger Garung) giebt man 150 kg Festigkeit pro □ Zoll an.

Die Gewinnung der Nebenprodukte aus Kohle übt auf die Tragfähigkeit des Koks keinerlei nachtheiligen Einfluss aus. Koksöfen

[1]) Wedding, Nordamerikanisches Eisenhüttenwesen, Ztschr. für Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen, Bd. 1876, S. 409.

[2]) Wedding, „Stahl und Eisen“ 1893, *21.*

mit Theer- und Ammoniakgewinnung erzeugen ebenso harten Koks, als gewöhnliche Oefen, wie aus den Versuchen 4 und 5 hervorgeht.

Verfassers Versuche zeigen ferner, dass Ofenbreite und Garungszeit stets gegen die maassgebende Art der Kokskohle und den Kieselsäuregehalt zurücktreten. (Vergl. Versuch 1, 4.) Denn es lässt sich aus minderwerthiger Kokskohle bei noch so geringer Ofenbreite und bei der grössten Garungszeit niemals festerer Koks erzeugen, als aus bester Fettkohle mit geringem $SiO_2$-Gehalt, wenn auch die Ofenbreite grösser und die Garungszeit geringer ist. —

Bei Festigkeits-Versuchen darf man sich keineswegs mit einer Probe begnügen, sondern es ist unerlässlich, eine grössere Anzahl Versuche zu machen und den Durchschnitt zu nehmen. Von grossem Belang bleibt es, gute und vor allem gleichmässige Proben zu nehmen.

Auf Grund der so erhaltenen mittleren Festigkeit kann man jedoch nur annähernde Schlüsse auf das Verhalten des Koks ziehen, weil ein Koks in grossen, dichten Stücken von 20—30 cm Breite ohne Risse bedeutend bessere Ergebnisse nach sich ziehen wird, als ein anderer Koks von gleicher Festigkeit, aber in kleineren Stücken; besonders aber auch deshalb, weil die Versuche nicht bei den hohen Temperaturen gemacht worden sind, die der Koks im Betriebe aushalten muss.

Diesbezügliche vergleichende Festigkeitsversuche bei Kälte und Hitze machte P. Holtzer — Rossigneux (l. cit.) — für metallurgischen Koks mit 14 % Asche, welcher aus Kohlen von St. Etienne hergestellt war. Die Festigkeit betrug bei der Kälte 95 kg und sank bei Rothglut auf 87,8 kg.

Weitere derartige Versuche sind leider nicht angestellt, sodass die Frage: ob die Festigkeit des Koks in der Hitze in allen Fällen und für alle Sorten Koks proportional der Festigkeit bei gewöhnlicher Temperatur ist? noch offen steht. —

Porösität. — Die Porösität hängt nicht mit der Beschaffenheit der Porenwände zusammen, sondern liegt in der Ausdehnung der Porenräume begründet — ist also unabhängig von der Festigkeit. Je nachdem die Porenräume gross oder klein sind, nennt man den Koks porös oder dicht. Koks kann porös und doch hart sein, wenn die Porenräume weit, aber die Wände der Poren hart sind; umgekehrt kann er dicht sein, ohne Härte zu besitzen, d. h. seine Porenräume sind zwar klein, aber die Porenwände weich.

Von Einfluss auf die Porösität des Koks ist — wie schon im Kapitel II unter Aufbereitung erwähnt — das Kokskohlenkorn. Je feiner und gleichmässiger das Korn der Kohle, desto dichter der Koks und umgekehrt. Des Weiteren stehen Art der Kohle, Dauer und Gang der Verkokung in engster Beziehung zur Porösität des Koks.

Je mehr flüchtige Bestandtheile die Kohle enthält, d. h. je mehr Gase sie beim Verkoken entwickelt und je schneller ein und dieselbe Kohle erhitzt wird, um so poröser wird der Koks. Nach Dr. Thörner (l. cit.) schwankt bei Anwendung von schwächer geheizten neuen Systemen die Summe der Porenräume zwischen 29 und 35 %, während energischer kokende Oefen 40—50 % Poren hervorbringen können; bei Meilern und bei offenen Oefen oder Stadeln ist sie am kleinsten, bis zu 15 %.

Je höher der Druck, d. h. die Kohlensäule (z. B. unter den Einfüllöffnungen), um so dichter wird der Koks, und um so schwieriger bleibt auch sein Herausdrücken. Ebenso wächst die Dichtigkeit mit der Höhe der Temperatur, weil dann die theerigen Destillationsprodukte zum grossen Theil noch innerhalb des Koks sich zersetzen.

Es erzielen die einzelnen Theile eines Ofens eine ganz verschiedenartige Dichtigkeit beim Koks, wie aus nachstehenden Ziffern[1]) hervorgeht:

Geschlossener Ofen von Cambria Iron Co. zu Johnstown.

| | | |
|---|---|---|
| Oberer Theil des Ofens | 63,41 % Koks | 36,59 % Zellen. |
| Mittlerer - - - | 69,00 - - | 31,00 - - |
| Unterer - - - | 73,98 - - | 26,02 - - |

Geschlossener Ofen von Cap Furnace bei Hollidaysburg.

| | | |
|---|---|---|
| Oberer Theil des Ofens | 63,80 % Koks | 36,20 % Zellen. |
| Mittlerer - - - | 65,50 - - | 34,50 - - |
| Unterer - - - | 70,42 - - | 29,58 - - |

Offener Haufen. Böckhill Coal and Iron Co. (gewaschene Kohle).

| | | |
|---|---|---|
| Oberer Theil des Haufens | 56,51 % Koks | 43,49 % Zellen. |
| Mittlerer - - - | 47,66 - - | 42,44 - - |
| Unterer - - - | 61,89 - - | 38,11 - - |

[1]) Wedding, Nordamerikanisches Eisenhüttenwesen, Preussische Ztschr. Bd. 1879, S. 409.

Es ergab also der obere Theil des Ofens stets bedeutend poröseren Koks, als der untere Theil.

Bei ein und derselben Charge treten ebenfalls an verschiedenen Stellen ganz verschiedene Dichtigkeiten auf. Kopf- und Fussschicht sind immer poröser, als die Mittelschicht.

Interessante mikroskopische Untersuchungen über Form, Grösse der Poren und Stärke der Porenwandungen in Koks und Holzkohlen machte Dr. Thörner, indem er von den zu vergleichenden Proben entsprechende Dünnschliffe und von diesen bei gleicher Vergrösserung mittels eines mikro-photographischen Apparates Photographien herstellte und letztere dann als Vergleichsmaterial benutzte. (Vgl. S. 8.)

Bei Holzkohlen zeigte sich die vegetabilische Struktur erhalten, zugleich langgestreckte Porenkanäle, keine in sich abgeschlossenen Poren oder Zellengruppen.

Koks enthielt kleine und grössere, einzelne und zusammenhängende Poren von den verschiedenartigsten Formen; alle sind wild durch einander geworfen und von einer Struktur ist keine Rede. Die Kokssubstanz der Porenwandungen ist stets zu einer dichten, glasigen Masse von bald höherem, bald niederem specifischem Gewicht zusammengeschmolzen.

Was die einzelnen Kokssorten anbetrifft, so war beim Meilerkoks die Struktur noch etwas erhalten, desgleichen zeigte die Kokssubstanz am wenigsten Schmelzung. Ofenkoks besass ein regelloses poröses Gefüge und war zu einer dichten glasigen Masse zusammengeschmolzen. In der Struktur am meisten entfernt von den Holzkohlen standen die Gasretortenkoks, in denselben wechselten massige Porenwandungen mit grossen Zellen, die Kokssubstanz war zu einer dichten undurchlässigen, glasigen Masse zusammengeschmolzen.

Die Tabelle auf S. 88 giebt eine Uebersicht über die Thörner'schen Untersuchungen.

Den grössten Porengehalt besitzt hiernach Retortenkoks mit 61,6 ccm, den geringsten Meilerkoks mit 28,4 ccm; dazwischen liegt Ofenkoks, während die Porösität der Holzkohlen zwischen 96,2 ccm und 200,4 ccm in 100 g Kohle schwankt. Rundofenkoks ist im Allgemeinen poröser, als Coppée-Koks. Was ersteren anbelangt, so ist Westvirginia-Koks erheblich poröser, als Pennsylvanischer Rundofenkoks, bei gleicher Unzerreiblichkeit.

Gepresster Koks zeigt die meisten, aber auch die kleinsten Porenräume. Der Druck, welchem der Koks bei der Verkokung

| No. | Koks- und Kohlensorten | In 100 g Koks | | | Volumen von 100 g in ccm | Mikroskopischer Befund |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Asche | ccm Porenraum | ccm Substanzraum | | |
| 1. | Retortenkoks, Zeche Pluto | 3,8 | 61,6 | 54,8 | 116,4 | — |
| 2. | do. - Friedrich der Grosse | 7,5 | 60,0 | 55,2 | 115,2 | Grosse Porenhöhlen und massige Porenwandungen. |
| 3. | Gepresst. Koks, Köln Müsen | 7,7 | 47,6 | 54,0 | 101,6 | Viele meist kleinere Poren. |
| 4. | - - - - | 6,9 | 47,2 | 56,0 | 103,2 | |
| 5. | Gew. Coppée-Koks | 7,99 | 54,8 | 53,2 | 108,0 | Weniger kleinere u. grössere Poren. |
| 6. | Carlsglück u. Planetenfeld | 7,8 | 55,2 | 54,8 | 110,0 | |
| 7. | Maassener Tiefbau | 7,3 | 58,4 | 54,0 | 112,4 | |
| 8. | Westhausen ab Bodelschwingh | 10,6 | 54,8 | 54,0 | 108,8 | |
| 9. | Neu Iserlohn ab Langendreer | 8,8 | 60,4 | 54,0 | 114,4 | Zahlreiche kleinere und viel grössere Poren. |
| 10. | Dannenbaum ab Bochum | 8,45 | 59,6 | 52,8 | 112,4 | Kleinere u. grössere Poren. |
| 11. | Germaniahütte bei Grevenbrück | 7,6 | 58,4 | 52,4 | 110,8 | Meistens grössere Poren. |
| 12. | Actiengesellschaft Heinrichshütte | 7,6 | 49,0 | 53,0 | 102,0 | |
| 13. | Meilerkoks | 2,9 | 28,4 | 67,2 | 95,6 | Zahlreiche kleine Poren mit deutlich erkennbarer Längsrichtung. |
| 14. | Fichtenkohle | 2,9 | 200,4 | 61,6 | 262,0 | Zahllose mikrosk. kleine regelm. geordnete Zellen, b. Längsschliff röhrenartig. |
| 15. | Eichenkohle | 2,45 | 96,2 | 74,2 | 170,4 | Weniger grössere Zellen, do. |
| 16. | Buchenkohle | 2,10 | 100,8 | 67,6 | 168,4 | Wie b. No 14, aber grössere Zellen. |
| 17. | Birkenkohle | 1,65 | 132,5 | 74,0 | 206,5 | Wie b. No. 14, aber grössere und scheinbar unregelmässiger geordnete Zellen. |
| 18. | Anthracit, Piesberg | 9,3 | 3,6 | 60,0 | 63,6 | — |
| 19. | Steinkohle, Borgloh | 8,3 | 1,4 | 75,6 | 77,0 | — |

ausgesetzt wird, wirkt also nicht auf die Dichtigkeit des Kohlenstoffs ein, vielmehr findet bei der Pressung eine Zusammendrückung der Poren statt, wie Versuche 3 und 7 deutlich beweisen.

Die Dichtigkeit des Kohlenstoffs, der eigentlichen Kokssubstanz, schwankt innerhalb enger Grenzen, nämlich zwischen 52,4 und 56,0 ccm in 100 g Koks; bei Holzkohlen zeigt Fichtenkohle mit 61,6 ccm den geringsten und Eichenkohle mit 74,2 ccm den grössten Substanzraum.

Der Aschengehalt des Koks bleibt ohne irgend einen merklichen Einfluss auf die Dichtigkeit des Kohlenstoffs (vergl. No. 4 und 8 der Tabelle).

Specifisches Gewicht. — Man unterscheidet zwischen dem „scheinbaren" und dem „wirklichen" specifischen Gewicht. Unter ersterem versteht man das specifische Gewicht des porenfreien Koks, d. h. des Kokskohlenstoffes (+ Asche), unter dem wirklichen specifischen Gewicht hingegen das des porenhaltigen Koks, d. h. des Kokskohlenstoffes + Porenraum (mit Luft).

Das scheinbar specifische Gewicht hängt vom Aschengehalt des Koks und von der Dichtigkeit des Kohlenstoffs ab, und auf das wirkliche specifische Gewicht wirkt sowohl die Anzahl, als auch die Grösse der Poren ein. Je mehr Poren der Koks aufweist und je grösser dieselben sind, desto geringer ist das specifische Gewicht.

In der Praxis spricht man gewöhnlich vom scheinbaren specifischen Gewicht. Dasselbe schwankt bei europäischen Koksmarken zwischen 1,2—1,9; während für amerikanische Koks im Mittel 1,5 gilt, jedoch sind Werthe bis zu 1,9 auch hier nicht selten. Wenn amerikanischer Koks ein geringeres specifisches Gewicht aufweist, als westfälischer, so liegt dies an dem in Amerika vorherrschenden Bienenkorbofensystem. Bienenkorbkoks zeigt nämlich ein sehr geringes specifisches Gewicht. Englischer Simon-Carvès-Koks war bei gleichem Volumen ca. 13½ Mal schwerer, als Rundofenkoks. Vergleichsweise ist das specifische Gewicht der Holzkohle 0,20—0,50 und das der Kohle 1,25—1,75.

Ein Kubikmeter stückförmiger Koks wiegt, abweichend nach dem Aschengehalt, der Dichtigkeit und der Stückgrösse, 350—450 kg, als Mittel können 420 kg angenommen werden. Kohle wiegt 700 bis 900 kg pro 1 cbm, während das Gewicht lufttrockner Holzkohle pro 1 cbm nur 190 kg beträgt. Durch Stampfen, Druck etc. beim Verkoken kann das Volumen des Koks um etwa 25 % verringert werden.

Man rechnet auf eine Tonne westfälischer Koks 2 cbm. Ein 15 Tonnen-Wagen, 7,70 m lang, 2,84 m breit und 1,50 m hoch, fasst 32,7 cbm. Bei Grosskoks wird der Wagen gestrichen voll und bei Brechkoks 4—5 cm unterm Rande geladen.

Zur Bestimmung der specifischen Gewichte und der Porosität des Koks benutzt man zweckdienlich die volumetrische Methode von Dr. Thörner — „Stahl und Eisen" 1884, S. 594. Siehe auch C. Reinhardt, „Stahl und Eisen" 1884, S. 521.

Im Folgenden möge ein interessanter Vergleich amerikanischer Koks untereinander in physikalischer und chemischer Hinsicht Platz

finden[1]); die Versuche sind von Fulton — Direktor der Cambria Iron Works — angestellt worden.

Physikalische Beschaffenhenheit:

| | Standard-koks | Pinneville | West-virginien | Broad Top. | Clearfield | Cumber-land | Alabama | Illinois |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| In 1 cbzoll sind g trocken | 15,47 | 14,10 | 13,76 | 11,76 | 14,79 | 12,76 | 13,30 | 11,06 |
| In 1 cbzoll sind g nass | 23,67 | 22,24 | 21,19 | 20,18 | 19,86 | 21,63 | 18,29 | 17,09 |
| In 1 cbfuss sind Pfd. trocken | 58,98 | 52,75 | 52,54 | 44,81 | 56,35 | 48,61 | 50,70 | 43,02 |
| In 1 cbfuss sind Pfd. nass | 87,34 | 84,73 | 81,56 | 77,88 | 76,69 | 82,41 | 69,01 | 65,09 |
| Volumprocente für Koks | 49,96 | 50,37 | 64,3 | 58,3 | 74,4 | 59,— | 73,8 | 63,8 |
| Volumprocente für Zellen | 50,01 | 49,63 | 35,7 | 41,7 | 25,6 | 41,— | 26,2 | 36,2 |
| Druckfestigkeit auf den Zoll in Pfd. . . . . . | 301,— | 227,— | 258,— | 240,— | 319,— | 215,— | 225,— | 180,— |
| Höhe der Ofensäule im Hochofen, die der Koks ohne Zerbrechen aushält | 120,— | 91,— | 103,— | 96,— | 128,— | 86,— | 87,— | 70,— |
| Härte . . . . . . . . | 3,5 | 3,— | 3,15 | 3,35 | 3,60 | 3,— | 3,5 | 3,2 |
| Specifisches Gewicht | 1,89 | 1,71 | 1,5 | 1,342 | 1,56 | 1,75 | 1,493 | 1,215 |
| **Chemische Zusammensetzung:** | | | | | | | | |
| Kohlenstoff | 87,46 | 94,66 | 92,18 | 89,28 | 89,86 | 89,86 | 89,86 | 89,77 |
| Feuchtigkeit | 0,49 | 1,14 | 0,11 | 0,11 | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,12 |
| Asche | 11,32 | 3,37 | 6,88 | 8,66 | 9,41 | 9,41 | 9,41 | 9,58 |
| Schwefel | 0,69 | 0,59 | 0,618 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 0,93 |
| Phosphor | 0,029 | 0,007 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,027 | 0,033 |
| fl. Bestandtheile | 0,111 | 0,041 | 0,350 | 0,350 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |

[1]) Aus: F. M. Simmersbach, Mittheilungen über den Kohlenbergbau und den Kohlentransport in den Vereinigten Staaten von Amerika. (Als Handschrift gedruckt 1891.) Ferner: Iron 1884, No. 602; Berg- u. hüttenm. Ztg. 1884, S. 551.

Sechstes Kapitel.

# Pyrochemisches Verhalten und Brennwerth des Koks[1]).

Die Entzündlichkeit des Koks ist sehr ungleich; es lässt sich mithin schwer eine allgemein gültige Charakteristik von Koks aufstellen. Zudem erheischt der eine metallurgische Process eine grössere, der andere eine geringere Entzündlichkeit, je nach den Umständen.

Zur Entzündung bedürfen die Koks einer starken Glühhitze, etwa 700°; die Entzündungstemperatur der Steinkohle ist vergleichsweise nur 326°. Koks brennt nur in starker Schicht und bedingt zum Fortbrennen einen lebhaften Luftzug; ein einzeln aus dem Feuer genommenes Stück erkaltet in der Luft wegen der hohen Entzündungstemperatur sehr schnell.

Die Entzündlichkeit des Koks hängt von der Form, Gestalt und dem Feuchtigkeitsgehalt ab. Sie sinkt mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt und umgekehrt; eine augenblicklich auflodernde oder auch schnell vorübergehende Flamme lässt sich bei Anwendung von Koks naturgemäss nicht erzielen. Der schwer verbrennliche Kohlenstoff wird durch ein grösseres Verhältniss des leichter brennbaren Wasserstoffs etc. selbst verbrennlicher, es wächst daher die Entzündlichkeit mit der Zunahme an Bitumen. Da Kohlenstoff specifisch viel schwerer ist, als Wasserstoff, so wird Koks von geringem specifischen Gewicht leichter brennen, als solcher von grösserem specifischen Gewicht. Je aufgelockerter ferner sein Zustand ist, desto

---

1) Belani, „Stahl und Eisen“ 1885, S. 603 und 1886, S. 302.
Kutscher, - 1885, S. 794.
van Vloten, - 1886, S. 42 und 1886, S. 241.
Jantzen, - 1886, S. 83.

entzündlicher pflegt Koks zu sein. — Gegenüber der Holzkohle besitzt Koks grosse Wärmeleitungsfähigkeit, was von nicht zu unterschätzendem Vortheil bleibt, da die Erwärmung der Beschickungsmasse eines Hochofens zu einem gewissen Theil direkt durch Wärmeleitung von unten nach oben erfolgt. Auch bei Füllöfen zur Zimmerheizung etc. erweist sich diese verhältnissmässig grosse Wärmeleitungsfähigkeit des Koks sehr vortheilhaft.

Was das Verhalten des Koks gegen glühende Gebläseluft anbelangt, so stellt sich die Verbrennlichkeit des Koks zu der der Holzkohle im Mittel, wie 1 : 1,6. Je dichter der Koks ist, desto höher gestaltet sich diese Verhältnisszahl, während bei porösem Koks die Verhältnisszahl geringer wird. Nach Thörner[1]) ist das Verbrennungsverhältniss:

| | | |
|---|---|---|
| von gewöhnlichem Koks zu | Birkenkohle | = 1 : 1,97 |
| - - - - | Fichtenkohle | = 1 : 1,97 |
| - - - - | Meilerkoks | = 1 : 1,72 |
| - - - - | Buchenkohle | = 1 : 1,58 |
| - - - - | Eichenkohle | = 1 : 1,55 |
| - - - - | Steinkohle | = 1 : 1,45 |
| - - - - | Anthracit | = 1 : 0,89 |

Koks verbrennen demnach rascher, als Anthracit; hingegen sind Koks schwerer verbrennlich, als Holzkohle, sie bleiben daher länger als jene im Ofen „stehen“ und kommen besser vorgewärmt zur Verbrennung, wodurch sich ihre Wirkung steigert. Mit Erhöhung der Pressung und Temperatur des Windes wächst die Verbrennlichkeit.

Wie die Widerstandsfähigkeit der Brennmaterialien gegen glühende Gebläseluft sehr verschieden ist, so zeigt sich auch eine verschieden grosse Verwandtschaft zu Kohlensäure.

Lowthian Bell[2]) setzt die verschiedene Angreifbarkeit verschiedener Formen von Kohlenstoff für Kohlensäure gleich der verschiedenen Entzündlichkeit von Holzkohlen, Koks und Diamant, welche, vollständig mit Sauerstoff verbrannt, fast genau gleiche Mengen Wärme fühlbar werden lassen, und findet den Unterschied darin, dass die Menge des vollständig zu Kohlensäure verbrannten Kohlenstoffs bei den verschiedenen Kohlenstoffzuständen verschieden sein müsse.

---

[1]) „Stahl und Eisen“ 1886, S. 71 ff.

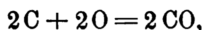
[2]) „Stahl und Eisen“ 1885, No. 6.

Die Holzkohlen werden am stärksten von der Kohlensäure angegriffen und verbrennen am schnellsten, hieraus folgt Meilerkoks und schliesslich die verschiedenen Kokssorten. Auf weichen Koks wirkt die Kohlensäure sechsmal stärker ein, als auf festen. (Vgl. S. 80.) Dr. Thörner (l. cit.) ermittelte für Kohlensäure folgende Verbrennungswerthe:

| | | |
|---|---|---|
| Gewöhnlicher Koks : | Gasretortenkoks | = 1 : 1,4 |
| - | gepresster Koks von Köln Müsen | = 1 : 1,7 |
| - | Koks von Neu Iserlohn | = 1 : 1,4 |
| - | Meilerkoks | = 1 : 5,6 |
| - | Eichenkohle | = 1 : 10,5 |
| - | Buchen- und Birkenkohle | = 1 : 11,7 |
| - | Fichtenkohle | = 1 : 11,9 |

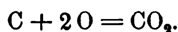
Bei diesen Versuchen bleibt stets zu berücksichtigen, dass im Hochofen die Kohlensäure durch Anwesenheit von Kohlenoxyd und namentlich von Stickstoff verdünnt wird, und in Folge dessen die Angreifbarkeit durch Kohlensäure im Hochofen keine so umfangreiche sein kann, wie bei den Laboratoriumsversuchen.

Koks dient, wie im Kapitel I ausgeführt, als Schmelzungs- und Reduktionsmittel. Der Hochofen ist Umschmelz- und Reduktionsofen zugleich, während beim Cupolofen die Aufgabe der Reduktionswirkung fortfällt. Demgemäss dient Hochofenkoks zur Wärmeerzeugung und zur Reduktion, d. h. zur Kohlenoxydgasbildung, wohingegen Giessereikoks nur zur Erzeugung hoher Temperatur durch möglichst vollständige Verbrennung verwandt wird, d. h. zur Kohlensäurebildung. Bekanntlich geht die Kohlenoxydgasbildung nach folgender Formel vor sich:



$$2C + 2O = 2CO,$$

die Kohlensäurebildung nach



$$C + 2O = CO_2.$$

Es wird also bei Kohlenoxydbildung die doppelte Menge Kohlenstoff durch die gleiche Menge Sauerstoff verbrannt, wie bei Kohlensäurebildung. Hiernach erscheint das physikalische Gefüge des Koks, d. h. die von ihm dargebotene Oberfläche, von wesentlichem Einfluss auf seine Verwendung als Hoch- ofen- oder als Giessereikoks.

Poröser Koks nimmt im Verhältniss zu seinem Gewicht einen grösseren Raum ein, als dichter Koks, bietet also dem Sauerstoff der Luft eine grössere Oberfläche dar, d. h. dem Sauerstoff steht eine wesentlich grössere Zahl Kohlenstoffmoleküle zur Verfügung, sodass desto leichter Kohlenoxydgas entsteht; zumal die Reaktionswirkung noch erhöht wird, indem die Gase rascher durchdringen und so von allen Seiten — nicht nur von aussen, sondern zur selben Zeit auch im Innern — ihre oxydirende Wirkung ausüben können. Je rascher aber der freie Sauerstoff und die etwa entstandene Kohlensäure durch Kohle zu Kohlenoxyd übergeführt wird, desto günstiger verläuft der Hochofenprocess.

Bei dichtem Koks lässt sich wegen des geringeren Raumes, den er ausfüllt, ein bedeutend weniger günstiges Oberflächenverhältniss für den Sauerstoff der Gebläseluft erreichen, der Sauerstoff kann also nur auf eine kleinere Anzahl Kohlenstoffmoleküle einwirken; desgleichen ist die Reaktionsfähigkeit eine wesentlich geringere, so zwar, dass der Koks nur an der Oberfläche verbrennt, da die Gase nicht in das dichte Gefüge ein- oder gar durchzudringen vermögen, in Folge dessen fördert die Dichtigkeit des Koks beim Verbrennen die Kohlensäurebildung in erhöhtem Maasse. Giessereikoks muss demnach so dicht als möglich sein.

Wendet man im Hochofen dichten Koks an, so sieht man sich gezwungen, um eine genügende Menge Reduktionsgase zu erhalten, heisseren und stärker gepressten Wind, also eine grössere Betriebskraft zu benutzen. Der heissere Wind hat auf den gleichen Raumtheil viel weniger Sauerstoff, als kälterer, befördert somit das Ueberwiegen der Kohlenstofftheile, d. h. der Kohlenoxydbildung. Die stärkere Pressung hat zur Folge, dass die Gebläseluft so weit als möglich in die Poren des Koks einzudringen sucht, wodurch wiederum die Kohlenstoffoberfläche vergrössert wird. Allerdings wird durch die höhere Pressung auch die Geschwindigkeit der Gebläseluft erhöht und so die Luft an der Oberfläche des Koks rascher erneuert, sodass der Wirkung der stärkeren Pressung bezüglich Kohlenoxydgasbildung weniger Gewicht beizulegen bleibt, als der Anwendung des heissen Windes.

Im Kupolofen wird andererseits poröser Koks den Uebelstand der unvollständigen Ausnutzung nur noch vergrössern, und man wird um so mehr Koks verbrauchen müssen, je grössere Kohlenoxydbildung im Kupolofen stattfindet.

Wie sehr die Oberfläche des Koks jeweilig auf die Kohlensäure- bezw. Kohlenoxydbildung von Einfluss ist, zeigen Versuche J. Lowthian Bell's[1]), welcher trockene Kohlensäure in heller Rothgluth das eine Mal über Holzkohle, dann über porösen und endlich über dichten Koks leitete. Bell fand nachstehendes Verhältniss zwischen $CO_2$ und $CO$ in dem entstehenden Gasgemenge:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Holzkohle | 35,20 % $CO_2$ | und | 64,80 % $CO$ |
| poröser Koks | 69,81 - - | - | 30,19 - - |
| dichter Koks | 94,56 - - | - | 5,44 - - |

Die Kohlensäure wird nun im Hochofen stets nach der Gleichung $CO_2 + C = 2\,CO$ in Kohlenoxyd übergeführt; bei diesem Process wird aber Koks verbraucht, der nicht mehr vor die Formen gelangen kann und für die Wärmeproduktion vollständig verloren geht. Da 1 kg Kohle bei der Verbrennung zu $CO_2$ 8080 W. E., bei der Verbrennung zu $CO$ 2473 W. E. entwickelt, so beträgt der Verlust für jedes kg Kohle, welches durch $CO_2$ zu $CO$ oxydirt wird, $8080 - (2 . 2473) = 3143$ W. E.

Holzkohle erzeugt wegen ihrer porösen Struktur im Hochofen freiwillig grosse Kohlenoxydmengen, welche bei Koks durch heisse Gebläseluft etc. erst künstlich hervorgerufen werden müssen. Andererseits liefert der dichtere Koks mehr Kohlensäure, als Holzkohle, wodurch sich die schon bei den ältesten Kupolöfen gemachte Beobachtung erklärt, dass der Brennstoffverbrauch bei Anwendung von Koks geringer sei, als bei solcher von Holzkohlen.

Auf den Hochöfen von Connemaugh ausgeführte sorgfältige Versuche mit porösem und dichtem Koks ergaben nach Fulton (l. cit.) einen Produktionsverlust von 11 %, wenn man den dichten Koks ohne Mischung anwandte.

Im Allgemeinen verhält sich im Hochofen die Leistung des Connellsville-Koks zu der des dichten Anthracit, wie 8 : 5; bei Koks und Holzkohle stellt sich das Verhältniss wie 1 : 1,3.

Es ist hiernach ersichtlich, dass die Anwendung eines hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung auch noch so vor-

---

[1]) The Journ. of the Iron and Steel Institute 1872, I S. 74; wiederholt in Bell's: Principles of the manufacture of iron and steel, London 1884 S. 287; ferner: Ledebur, die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke. Leipzig 1891.

züglichen Koks für den Hochofen oder Giessereibetrieb unökonomisch erscheint, je nachdem der Koks dicht oder porös ist.

Berücksichtigt man die Stückgrösse einer jeden Koksmarke, so ist zu bemerken, dass je kleiner die Stücke sind, um so grösser auch die der Gaseinwirkung ausgesetzte Oberfläche wird. Aus diesem Grunde würde kleinstückiger Koks für die Erzeugung eines kohlenoxydreichen Gases geeigneter sein, als grossstückiger. Da jedoch mit abnehmender Stückgrösse die dem Aufsteigen des Gases sich entgegensetzenden Widerstände wachsen, so bleibt die Anwendung allzu kleinstückiger Koks unthunlich. Bei allzu grossstückigem Koks dringt die Gebläseluft wegen der grossen Zwischenräume zu tief ein, es dehnt sich der Verbrennungsraum zu sehr aus, d. h. der Heizeffekt wird verringert. Am zweckdienlichsten erscheint eine gleichmässige, nicht über ein gewisses Maass hinausgehende Stückgrösse.

Was den Brennwerth des Koks anbetrifft, so vergleicht man denselben theils der Quantität, theils der Temperatur nach und unterscheidet demgemäss zwischen „absolutem“ und „pyrometrischem“ Heizeffekt.

Unter absolutem Heizeffekt versteht man die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit (1 kg) Koks bei der Verbrennung entwickelt, ausgedrückt in Kalorien oder Wärmeeinheiten (W. E.). Eine Kalorie ist diejenige Wärmemenge, welche erforderlich bleibt, um 1 kg Wasser von $0^{0}$ auf $1^{0}$ zu erhitzen.

Der absolute Heizeffekt lässt sich aus der chemischen Zusammensetzung der Brennstoffe mit für die Praxis hinlänglicher Genauigkeit berechnen. Näheres siehe: Ost, Lehrbuch der technischen Chemie; Post, chemisch-technische Analyse; Musspratt's Chemie, 1893, unter „Heizstoffe“ u. a. m.

Nachstehend folgt eine vergleichende Zusammenstellung der Heizkraft der festen Brennstoffe (vergl. Bernoulli's Dampfmaschinenlehre 1890, Kapitel Verbrennung):

| | |
|---|---|
| Holz mit 0,20 Wasser | 3200 W. E. |
| - - 0,10 - | 3600 - |
| - trocken | 4000 - |
| Torf trocken | 5000 - |
| Braunkohle trocken | 6000 - |
| Steinkohle mit 0,20 Asche | 6250 - |
| - - 0,10 - | 7050 - |
| - - 0,3 - | 7600 - |

| | | |
|---|---|---|
| Holzkohle mit 0,07 Wasser | 7050 | W. E. |
| - trocken | 7580 | - |
| Koks mit 0,15 Asche | 6600 | - |
| - - 0,10 - | 7000 | - |
| - - 0,5 - | 8000 | - |
| Anthracit | 7900 | - |

Das Verdampfungsvermögen beträgt nach P. W. Brix[1]) für

| | |
|---|---|
| preussischen Koks (Mittel), getrocknet | 7,81 |
| - Kohle - - | 7,39 |

Von grosser Wichtigkeit für die Praxis ist der pyrometrische Heizeffekt des Koks, d. h. die bei seinem Verbrennen entstehende Temperatur, da von ihr die Möglichkeit der Durchführung mancher metallurgischer Processe abhängt.

Je dichter der Koks ist, desto höher wird die Temperatur, weil dasjenige Brennmaterial die stärkste Hitze erzeugt, bei welchem die beim vollständigen Verbrennen gebildete Kohlensäure in Berührung mit einem Theil glühender Kohle am wenigsten in Kohlenoxydgas übergeführt wird. Wird die Verbrennung noch durch Windpressung beschleunigt, so erfolgt eine um so schnellere Oxydation des Kohlenstoffs wegen der Anwesenheit einer grösseren Menge Sauerstoff. Zur Erhöhung der Verbrennungstemperatur trägt ferner Vorwärmung der Luft etc. bei, da mit erhitzter Gebläseluft dem Ofen eine gewisse Wärmemenge zugeführt wird, die nicht erst durch Verbrennung von Koks in demselben erzeugt zu werden braucht. Andererseits wirkt das im Koks enthaltene Wasser durch seine hohe specifische, bezw. latente Wärme merklich erniedrigend auf die Verbrennungstemperatur (spec. Wärme des Wasserdampfes = 0,4750). In gleicher Weise nimmt der pyrometrische Heizeffekt ab mit der Zunahme der zur Unterhaltung der Verbrennung zugeführten Luftmenge, weil der $^4/_5$ der Luft ausmachende Stickstoff nur Wärme verbraucht, wodurch eine bedeutende Wärmevergeudung unnützer Weise erfolgt, wie folgende Gegenüberstellung zeigt:

C in reinem O zu $CO_2$ verbrannt, entwickelt 9870° C.
C - Luft - $CO_2$ - - 2450° C.

---

[1]) Brix, Untersuchungen über die Heizkraft der wichtigeren Brennstoffe des Preussischen Staates. Berlin 1853.

Zur Bestimmung des pyrometrischen Heizeffektes bedient man sich entweder geeigneter Pyrometer, oder man berechnet ihn aus der chemischen Zusammensetzung des Brennstoffes. Siehe u. a. Jüpter, Heizstoffe; Post, chemisch-technische Analyse u. a. —

Im Folgenden seien die Anforderungen, welche der Eisenhüttenmann an die Eigenschaften eines brauchbaren Hochofenkoks stellt, und welche für Westfalen, Belgien, Frankreich und England Gültigkeit besitzen, zusammengefasst:

1. 1 % Schwefel
2. 0,018 % Phosphor
3. 4 % Wasser
4. 9 % Asche
5. 6 % Staub am Empfangsort

(1.–5.) als Maximum

6. 40—50 % Porenraum (bei Giessereikoks 25—40 %)
7. der Koks muss eine Härte von 80 kg pro 1 □cm besitzen
8. das Gewicht von 1 ccm (bei 100° C. getrocknetem) Koks soll 800—900 mg betragen.

Auf den Werth der Brennstoffe im Allgemeinen ist verschiedentlich in der Litteratur aufmerksam gemacht worden. Fischer[1]) weist auf die Entstehung derselben hin. Die festen Brennstoffe sind aus Zellstoff entstanden, indem durch Abspalten von $H_2O$, $CO_2$ und $CH_4$ kohlenstoffreichere Reste zurückbleiben. Zellstoff ist durch Einwirkung der Sonnenstrahlen aus Kohlensäure und Wasser gebildet: $6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2$; während bei der Verbrennung von Zellstoff dieselben Stoffe zurückgebildet werden: $C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O$. Zur Bildung von 1 kg Zellstoff mussten von den Sonnenstrahlen 5200 W. E. geliefert werden. Wir verbrauchen somit mit Kohle bezw. Koks, die vor Tausenden von Jahren aufgespeicherte Sonnenwärme, einen Wärmevorrath, der zweifellos mit der steigenden Kultur des Bodens täglich geringer und allmählich erschöpft sein wird. Im Jahre 1892 producirte Deutschland 7 700 000 t Koks; rechnet man 1 kg Koks zu 8000 W. E., so ergiebt sich, dass allein Deutschland mit Koks ca. 61 600 000 000 000 W. E. von diesem Wärmevorrath jährlich verbraucht.

Bedenkt man ferner, dass in Deutschland in der ersten Hälfte des Jahres 1894 die Roheisenproduktion 2 649 071 t betrug, eine

---

[1]) Ztschr. f. angew. Chemie 1888, S. 351.

Produktion, die ohne Verwendung von Koks zur Zeit überhaupt nicht zu erzeugen ist, so zeigt dies, wie wichtig in wirthschaftlicher Hinsicht alle Leistungen sind, welche Ersparnisse im Koksverbrauche erzielen.

Um daher ein gleichmässigeres und wirksameres Produkt durch die Verkokung der Steinkohle herzustellen und zugleich den nicht geringen Brennmaterialverlust zu vermindern, sollte dies Veranlassung sein, sich mit der Chemie des Koks in nicht minderem Maasse bekannt zu machen, als mit den technischen Einrichtungen zu seiner Verwerthung.



Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.


Simmersbach
164406
TP336
S5

